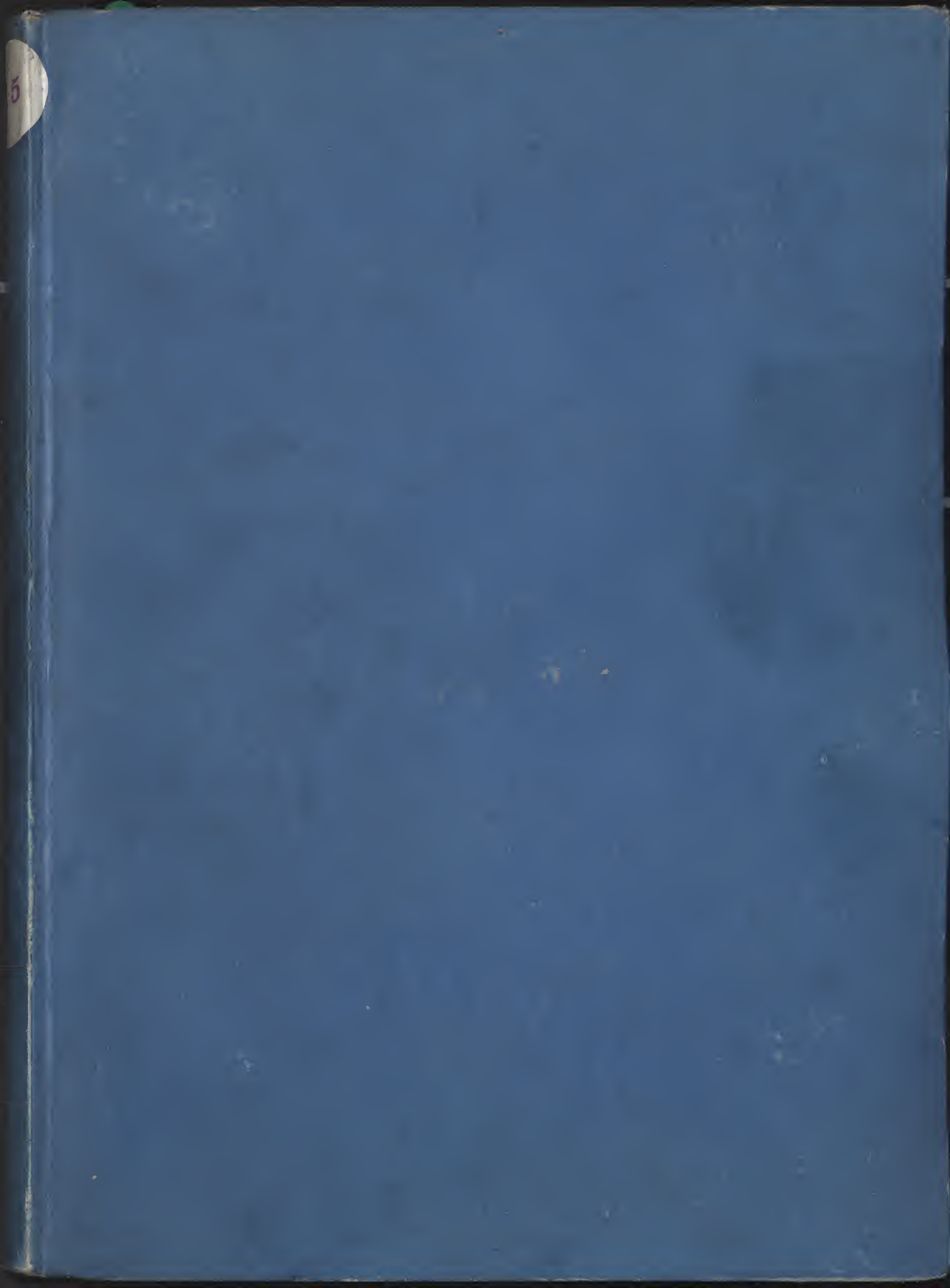



REALE ACCADEMIA DELLE SCIENZE DI TORINO
JK. I. 15

RICERCHE

FISICO-CHIMICO-FISIOLOGICHE

SULLA LUCE

DEL PROF. AB. FRANCESCO ZANTEDESCHI

MEMBRO DELL' IMP. R. ISTITUTO





VENEZIA, 1846

NELL' I. R. PRIVILEGIATO STABIL. NAZIONALE

DI G. ANTONELLI



ALLA SACRA MAESTÀ

DI

CARLO ALBERTO

RE DI SARDEGNA, GERUSALEMME E CIPRI

PRINCIPE

DEL PIEMONTE, DUCA DI GENOVA E DI SAVOJA

EC. EC. EC.

Sire!

Voi accoglieste benignamente i miei Trattati della Elettricità e del Calorico, e mi confortaste colla Grazia Vostra a nuove investigazioni sulla luce, concedendomi l'alto onore di poter fregiare dell' Augusto Vostro Nome i risultamenti delle future mie meditazioni ed esperienze. Per questo

scienza, nella quale sempre vissi e, confido, vivrò, narrando a' miei fratelli le meraviglie di Dio.

Della Augusta Vostra Maestà,

Venezia, 18 Settembre 1846,

Umil.mo Devot.mo Obblig.mo servo
FRANCESCO ZANTEDESCHI

DIVISIONE DI QUESTE RICERCHE



Queste Ricerche sono in quattro Capi divise. Tratta il primo della Influenza della luce solare nella germogliazione delle piante e germinazione dei semi: il secondo espone i Cambiamenti di colore che avvengono nelle sostanze organiche e inorganiche per la sola azione della luce: il terzo descrive i Risultamenti ottenuti da una nuova analisi dello spettro luminoso: il quarto dimostra il Passaggio della materia ponderabile allo stato raggiante.



CAPO PRIMO

DELL' INFLUENZA DEI RAGGI SOLARI RIFRATTI DAI VETRI COLORATI

SULLA

VEGETAZIONE DELLE PIANTE E GERMINAZIONE DEI SEMI



La influenza di quelle forze che si riconoscono sotto la denominazione degl' *imponderabili*, nei fenomeni della *materia aggregata* ossia *sensibilmente pesante,* è lo studio precipuo del secolo nostro. Io ho cercato di darne qualche saggio nella *Elettrotipia* (1) e nei *Fenomeni Elettrotermici* (2). Piacemi ora di estendere consimili ricerche alle

(1) *Del Trasporto della materia ponderabile nelle correnti elettriche e della legge dell'abitudine estesa alla materia inorganica.* Memoria letta all' Ateneo Veneto nella tornata del giorno 11 Gennaio 1841. — *Dell' Elettrotipia considerata nelle sue relazioni colla teoria elettro-chimica.* Memoria letta all' I. R. Istituto Veneto nella pubblica adunanza del giorno 20 Aprile 1841. — *Dell' Elettrotipismo applicato alle arti belle ed utili.* Memoria letta all' Ateneo Bresciano nella tornata dell' 11 Luglio 1841.

(2) *Dei Nodi elettro-termici dell' apparato voltiano.* Esperienze comunicate nella pubblica adunanza dell'I. R. Istituto Veneto del 12 Luglio, 1841. — *Sopra alcuni fenomeni, che presentano i poli di un elettromotore voltiano, e precipuamente sopra la facoltà calorifica e combustiva.* Memoria letta alla Sezione di fisica della 3.ª Riunione degli Scienziati tenuta nel mese di Settembre 1841 in Firenze ; e *Raccolta fisico-chimica italiana,* Tom. I. pag. 325, 1846 : *Sulla virtù Illuminante del polo negativo e Calorifica del polo positivo.— Osservazioni ed esperienze sulle Condizioni e sulle Leggi dei fenomeni elettro-termici dell' apparato voltiano, e sulle cause che sono loro assegnate dai fisici.* Memoria letta all' I. R. Istituto Veneto nelle pubbliche adunanze dei giorni 20 e 11 Febbrajo 1842.

modificazioni che apporta quella forza che dicesi *luce* alla germinazione dei semi e allo sviluppo delle piante. Io non mi dilungherò in ipotesi; ma recherò solo fatti bene determinati, che metteranno il vero nel pieno suo lume. E perchè l' influenza dei raggi colorati rifratti è stata messa alla prova da peritissimi fisici, così esporrò da prima i metodi da loro usati nello sperimentare, ed i risultamenti a' quali pervennero ; poi farò tener dietro il metodo da me praticato in un coi fenomeni che mi venne fatto di osservare, non tacendo che molto manca tuttavia alla scienza, e che questo mio primo lavoro non contiene che i rudimenti di quel molto che ancora rimane da farsi ; al quale effetto imploro lo zelo e la potenza di que' valenti che amano il progresso della scienza.

I. Senebier, per investigare l' influenza dei raggi della luce solare sulla germinazione dei semi e sulla vegetazione delle piante, fece uso di grandi bottiglie di vetro a pareti sottilissime, il fondo delle quali era ripiegato verso il ventre o la pancia delle stesse. Con queste bottiglie Senebier copriva le piante che volea sottoporre ai diversi raggi colorati. Egli gli otteneva a questo modo : il rosso, con una soluzione d' acqua e di carminio ; il giallo, con acqua di curcuma e zafferano ; il violetto, con acqua e tintura di tornasole.

Questo sommo sperimentatore ginevrino ebbe la filosofica pazienza di continuare le sue esperienze pel corso di quattro anni, confrontando i risultamenti che ottenne dai raggi violetti, rossi, gialli con quelli avuti coi raggi indecomposti e nella oscurità sopra semi e pianticelle di lattuga, spinace e fagiuoli.

Le conclusioni, ch' egli trasse da' numerosi suoi esperimenti, sono le seguenti :

1.° La germinazione de' semi avviene prima nel giallo e violetto, appresso nel rosso e nell' oscurità.

2.° L' accrescimento del gambo delle piante risulta sempre minore nell' ordine dei mezzi che segue : oscurità, giallo, violetto, rosso, luce rifratta dall' acqua pura, luce all' aria libera ; e la trasparenza e debolezza

de' gambi segue la ragione diretta di questo accrescimento, mentre quello delle foglie diminuisce a misura che i gambi si allungano e le piante intisichiscono; lo stesso avvien pure nelle radici.

3.° Il raggio violetto ha la speciale virtù sopra il rosso ed il giallo di colorire in verde le foglie de' vegetali, e di possedere questa efficacia per lo meno al grado stesso della luce libera e indecomposta.

Da queste illazioni ne rilevò Senebier la distinzione tra la *facoltà colorante* e la *roboratrice,* perchè non rinvenne questa nel raggio violetto a quel grado di quella; anzi le piante esposte al raggio violetto, non di rado le ebbe ad osservare stentate, flaccide, povere di radici, di frondi e di buon succo; in una parola, tocche da miseranda cachessìa più che le illuminate dal giallo e dal rosso (1).

E comechè questo insigne sperimentatore non abbia risparmiato fatica e diligenza nelle sue ricerche, tuttavia, consapevole delle numerose cagioni che tradur possono altri in errore in cosiffatte investigazioni, conchiude: *Je ne déciderai pas que mes expériences soient très-solides.*

Posteriormente, nella sua *Fisiologia vegetale,* senza arrecare nuove esperienze, anzi dimenticando egli quanto avea scritto nelle sue *Memorie fisico-chimiche,* affermò che la luce complessa ha potenza di sviluppare il color verde con maggior efficacia che non produca la violetta; e stabilì ogni raggio colorato produrre cachessìa, ma più il rosso di quello che il violetto (2): « *En exposant les plantes à l'action des différents rayons qui composent la lumière par un artifice que j'ai décrit dans mes Mémoires physico-chimiques, j'ai toujours trouvé que la réunion de tous les rayons était plus efficace pour verdir les plantes, que celle d'un seul rayon; mais j'ai observé aussi que les rayons violets avaient plus d'énergie pour prévenir l'étiolement, que les autres; quoiqu'ils soient moins chauds, comme je l'ai prouvé.* »

(1) *Mémoires physico-chimiques. Influence des différents rayons qui composent la lumière solaire sur les plantes qu'on y fait végéter.* T. II, pag. 55-74. Genève, 1782.

(2) *Physiologie végétale.* T. IV, pag. 273. Genève, an. 8.me

II. Nè dalle conseguenze di Senebier furono diverse le deduzioni del fisico Carradori (1); perchè la forza colorante trovò anch'egli eminentemente collocata nei raggi violetti e purpurei, comechè alquanto minore gli sembrasse tal facoltà in quei raggi, che nel lume intero. Risultamento analogo alla specie di ritrattazione fatta da Senebier, nella *Fisiologia vegetale*, dell'antecedente opinione. Ma si accorse che la vegetazione si fa tisica e laboriosa ovunque i lucidi fasci, anzichè venir pieni ed indivisi, cadano sulla pianta rotti e scomposti (2).

III. Il sig. Poggioli col prisma decomponeva il raggio solare, ed esponeva per più ore le piante all'influenza del raggio rosso e violetto (3), procurando che uguali fossero, per quanto è possibile, le circostanze intrinseche ed estrinseche: intrinseche di età e di vigore, estrinsiche di quantità e qualità di terra, di esposizione, d'innaffiamento, ecc.

E dalle sue esperienze instituite sul *Raphanus rusticanus,* sulla *Brassica oleracea viridis,* per lo spazio circa di sei ore in tre giorni consecutivi, conchiuse che il raggio violetto ha una decisa influenza vantaggiosa sulla vegetazione delle piante. Giusta l'autore, le pianticine *esposte al raggio violetto erano, a quelle esposte al raggio rosso, almeno come 3 sta ad 1, sì nella grandezza e grossezza, sì nel vigore e nella prosperità di vegetare.*

(1) *Della fertilità della terra;* ediz. V, pag. 62; Firenze, 1814. — *Osservazioni sull'azione della luce sopra le piante cachetiche.* Atti dell'I. R. Società dei Georgofili di Firenze; T. IV. — *Opuscoli scelti di Milano;* T. XXII, pag. 138, an. 1803. — *Giornale Agrario di Napoli: Memoria sul verde delle piante.* — *Effemeridi Chimico-Mediche di Milano dell'anno* 1807, pag. 176.

(2) *Ricerche sulla cagione, per cui le piante private della luce diventano cloritiche o cachetiche.* — *Annali dell'Agricoltura del Regno d'Italia compilati dal Cav. Filippo Re per l'anno* 1812, pag. 236.

(3) *Della influenza che ha il raggio magnetico sulla vegetazione delle piante.* Memoria del dottore Sebastiano Poggioli, prof. di Botanica nell'Archiginnasio Romano, recitata in Roma nell'Accademia dei Lincei. — *Opuscoli scientifici;* T. I, pag. 9; Bologna, 1817.

IV. Confrontando il fisico Orioli i risultamenti di Senebier e di Carradori con quelli del sig. professore Poggioli, così rescrive in una lettera al Botanico romano (1):

« Ora dei risultati che io dissi, fatto confronto coi vostri, ben vedete quali *antinomie* si presentino allo sguardo di per sè stesse, e rendon voi da quegli altri dissenziente; donde io, che assai fermamente credo le esperienze da voi fatte non avere ceduto per certo in esattezza nè in diligenza a quelle di chicchessia, tengo per ingiusto trar congettura di vostro errore. Nè di questo mi farò ad accusare altrui e voi, piuttosto argomentando le differenze esser nate dall'aver queglino fatto crescere i lor vegetabili perpetuamente ad una stessa specie di bagno lucido, che fu giallo, rosso, violetto o naturale; laddove può di leggieri dedursi da quanto narrate, le pianticelle, su cui sperimentaste voi, aver goduto della luce libera a ciascun dì, la qual corresse con alternata azione sua i mali effetti de' colorati irraggiamenti, lasciando intiero il profitto dei buoni. O forse altri dirà che le *anomalie* si vennero dalla differenza de' vegetabili sottoposti a prova, e dalla differente maniera di luce colorita, che per voi si trasse dal prisma con più semplice artifizio, e pei due fisici, i quali vi prevennero, si formò col passaggio attraverso a mezzi variamente pregni di straniere tinte. Ma voi porrete fine alle incertezze con quelle osservazioni ulteriori che n' avete detto avere in animo d' intraprendere; e noi faremo plauso intanto alle belle verità, le quali pur ci lasciate intravedere fin dai primi saggi. Di cui forse questa è una, che la parte rubiconda della luce come calorifica, e la violetta come coloratrice, e probabilmente per altri occulti motivi, si richieggono entrambe a tutta intera la prosperità della vegetazione, nè sembrano poter supplire l'una all'altra; per dove un vegetabile godendo abitualmente del libero favore del giorno, per alcune ore soltanto s' abbeveri co' benefici influssi dei raggi violacei, meglio allora e più

(1) *Al chiarissimo Autore della precedente Memoria sull' argomento della medesima.* Lettera del dottore Francesco Orioli, professore di fisica nella Pontificia Università di Bologna. — *Opuscoli scientifici;* T. I, pag. 24, Bologna, 1817.

gagliardo, vi cresce, e colorato di gran lunga al paragone di un altro irraggiamento per egual tempo con luce rossa. »

Il Poggioli avea pur divisato di estendere le sue ricerche anche al raggio verde, che prima di attendere i risultamenti dell' esperienza avvisò esser meno del rosso vantaggioso alla vegetazione, « perchè, egli dice, ad ogni istante viene riflesso quel raggio che è meno omogeneo alla sua economia vitale e meno confacente alla sua prosperità. » Non conosco però questi promessi esperimenti, che doveano dimostrare o la verità o la falsità dell' asserita influenza del raggio verde.

V. Nel 1830, il prof. Carlo Morren di Liegi imprese a verificare se l' azione del solo raggio violetto basti a colorare in verde le piante, come aveva asserito il Senebier, ed a ricercare qual fosse l' azione degli altri sei raggi colorati del prisma in essa colorazione.

« Per questo oggetto (1), sopra dei vasi di terra cotta, entro ai quali erano stati posti a germogliare i semi di più specie di piante, ma in particolare del *Lepidium sativum* e dell' *Alsine media,* collocò dei cilindri di latta, tinti di nero internamente, aventi un diametro pari a quello della bocca del vaso su cui posavano, e dal lato superiore aperti obbliquamente con l' apertura otturata da un cristallo colorato, preso fra quelli formanti le vetriate delle antiche chiese gotiche del Belgio, essendo questi cristalli di una pasta unicolore, privi di quelle bolliciattole di cristallo incoloro, che, dietro le osservazioni di Becquerel, si vedono nei vetri colorati moderni, e lasciano perciò passare una certa quantità di luce bianca.

» I colori dei cristalli da lui adoperati furono quelli che presenta lo spettro solare decomposto col prisma, e gli apparati da questi cristalli ricoperti ei li tenne per più giorni consecutivi esposti al sole.

» In capo ad un certo tempo, i semi germogliarono in tutti gli

(1) *Atti della terza Riunione degli Scienziati italiani tenuta in Firenze nel Settembre del* 1841, pag. 452.

apparati, ma non con uguale sollecitudine: più presto germogliarono sotto i colori violetto, indaco e azzurro; più tardi sotto i colori giallo, verde, rancio e rosso. Richiamandosi alla mente i resultati delle ricerche fatte dall' Herschell sulla qualità illuminatrice dei sette raggi dello spettro solare, sarà facile il convincersi che, nei soprammentovati apparecchi, la sollecitudine con cui germogliarono i semi contenutivi, fu in ragione inversa del potere illuminativo dei raggi dai quali erano rischiarati.

» Per quanto tutti i semi negli apparati che sopra abbiam descritti germogliassero, non tutti i germogli però vi acquistarono il color verde. Solo un tal colore lo presero quelli che erano illuminati dal raggio giallo, e debolmente inverdirono quegli esposti al raggio rancio. Gli altri tutti, pur comprendendovi il rosso, ancora che sia desso il raggio complementario del verde, non valsero a far acquistare veruna, benchè piccola, sfumatura di questo colore ai sottoposti germogli; dal qual fatto, dice il professore Morren, risulta con evidenza che il raggio giallo determina nella pianta la colorazione in verde solo in grazia della sua facoltà illuminativa, e che la luce solo per la sua qualità di fluido illuminante, e non per verun' altra delle sue proprietà chimiche, calorifiche ed elettriche, agisce nel convertire la materia, qualunque essa siasi, in sostanza verde. »

VI. A' nostri dì varii giornali di Europa parlarono dell' influenza dei differenti raggi dello spettro solare sulle piante. Il vetro azzurro o violetto facilita i progressi della vegetazione in maniera straordinaria; il vetro rosso o il giallo la arresta; il vetro bianco, in fine, non ha alcuna influenza. Egli risulta da questa scoperta del dotto Orticultore di Cornovaglia, riferita nell' *Écho du Monde Savant* (1), che bisogna coprire le piante e le serre con vetri azzurri o violetti che lascino passare i soli raggi chimici, mentre che il rosso non lascia passare che il raggio calorifico, e il giallo e verde, che i raggi luminosi. Così la luce e il

(1) *Écho du Monde Savant*; 5 Mai 1842, N. 726, pag. 280.

calorico soli uccidono le piante senza i raggi chimici, come l'azoto uccide l'uomo senza ossigeno.

In un susseguente numero dello stesso giornale si legge :

« Si conosce che ciascun fascio di luce slanciata nello spazio dal sole è una riunione de' raggi diversamente colorati, all' assorbimento o alla riflessione dei quali noi dobbiamo questa varietà indefinita di colori, che abbellisce la creazione. Ciascuno di questi raggi possiede una facoltà che gli è propria; così il violetto e l'azzurro furono nominati raggi chimici ; il verde ed il giallo, raggi luminosi, e il rosso, raggio calorifico. Queste distinzioni possono non essere in perfetta armonia colla verità, ma esse non ostante sono sufficienti per quello che si vuole spiegare. Se si presentano dei vetri colorati all' azione dei raggi, il raggio solo che corrisponde al raggio del vetro viene rifratto ; così il vetro azzurro ammette il raggio azzurro o chimico, esclusi pressochè tutti gli altri ; il vetro giallo ammette solamente il raggio luminoso, mentre che il vetro rosso isola completamente il raggio calorifico. Questo fatto fornirà un metodo assai apprezzabile per la vegetazione delle piante soggette all' influenza di questo o di quel raggio. »

Il fatto sul quale Hunt richiama particolarmente l' attenzione, è *che i raggi gialli e rossi, vale a dire i raggi luminosi e calorifici, distruggono la germinazione, mentre che sotto l' influenza dei raggi violetto, indaco e azzurro, vale a dire dei raggi chimici, i progressi della vegetazione sono accelerati nella maniera la più straordinaria.* Si può fare l' esperienza coprendo di un vetro colorato una cassetta o un gran vaso, ove siano state seminate alcune sementi. Egli è ugualmente facile di verificare che a qualunque periodo sia la vita di una pianta, la sua vegetazione si trova arrestata se si espone all' influenza de' raggi solari rossi o gialli. Ora conviene da ciò dedurre questo fatto straordinario, che la porzione della luce solare che diffonde un calore vivificante nella creazione, è precisamente quella che distrugge la prima azione vegetativa delle piante. È forza da questo conchiudere che istudiando con diligenza l'effetto di ciascuno dei raggi solari, sia che si prendano

isolati o combinati, si può trovare il modo d'imitare l'atmosfera di tal clima, che più convenga ad una pianta (1).

Appresso ebbi a leggere che l'Associazione Britannica per lo avanzamento delle scienze incaricò il sig. R. Hunt a fare delle ricerche sopra questo interessantissimo argomento. Il sig. Hunt prese sei cassette costrutte in modo che la luce non potesse giungere all'interno senza attraversare un vetro colorato. La prima cassetta fu munita di un vetro rosso carico e la sesta di un vetro verde carico ; gli altri vetri furono dei colori intermedii. In questi recipienti, egli fece germogliare dei *ranuncoli,* dei *tulipani,* ed altre piante. I tulipani hanno da principio germogliato sotto i vetri aranciati, poi sotto i vetri azzurro e verde. Sotto i vetri azzurro, le piante, ancorchè più tarde a germogliare, furono più vigorose, promettendo di venire a maturità e di avere dei bei fiori, mentrechè sotto i vetri aranciati furono più precoci, ma meschine assai. Il sig. Hunt accenna ad un risultamento meglio ottenuto sotto il raggio rosso. In tutti gli altri recipienti le piante si diressero verso la luce, ma sotto il vetro rosso esse presero una direzione opposta. In tutti i casi la germinazione fu eccitata dall' assorbimento dei raggi gialli : conchiudono i redattori dell' *Écho du Monde Savant :* « Egli è a desiderarsi che il sig. Hunt riprenda questi saggi e che gli estenda ed allarghi, perchè indipendentemente dalla questione scientifica possono riuscire soggetto di applicazioni orticole di somma importanza (2). »

Io però, fino dal 18 giugno 1842, aveva incominciato all' Imp. Reg. Orto botanico in San Giobbe in Venezia i miei esperimenti, e nelle

(1) *Écho du Monde Savant ;* 26 Mai 1842, N. 732, pag. 322. *Influence des différents rayons du spectre solaire sur les plantes.* Par M. Hunt, de l'institution royale polytechnique de Cornwall.

(2) *Écho du Monde Savant;* 17 Juillet, N. 4. *Influence de la lumière sur la germination des graines et accroissement des végétaux. — Philosophical Magazine.* Vol. XVI, p. 331 ; Vol. XXI, pag. 220. *Sir John F. W. Herschel on the action of the Rays of the Solar spectrum on vegetable colours, ec. ec. — Bibliot. Univers.* Tomo 41, N. 82, Octobre 1842, pag. 397. *Recherches relatives à l' influence de la lumière sur la germination des graines et l' accroissement du végétable.*

pubbliche adunanze del 27 giugno e dell' 8 agosto avea già fatto due comunicazioni all'Imp. Reg. Istituto di alcuni principali resultati da me ottenuti, riserbandomi ad estenderne una Memoria, come feci, intorno al metodo di esperimentare ed ai particolari delle mie osservazioni.

VII. Io feci costruire una piccola serra di larice, quale si vede rappresentata dalla fig. 1 della tavola I. Essa è della lunghezza totale di 2 metri e 4 centimetri; dell' altezza totale di 37 centimetri; della larghezza totale all' alto di 20 centimetri. È suddivisa in sette cancelli, ciascuno dei quali è largo 27 centimetri, alto 33 centimetri, profondo all' alto 27 centimetri; ed ogni luce è larga 19 centimetri, alta 23 centimetri; sono esse luci munite di vetri colorati, che m' ebbi dalla cortesia dei signori Ercole Marocco e Pietro Bigaglia, i quali con sommo amore si prestano ai progressi di ogni utile applicazione, e sono: *aranciato, violetto, giallo, rosso, turchino, verde e nero.* La piccola serra era esposta tra levante e mezzodì, e perchè in tutti i cancelli avesse ad essere la stessa temperatura col rinnovamento dell' aria, e potessero dissiparsi gli effluvii emananti dalle piante e dal terreno dei vasi, furono praticati due pertugi per ogni cancello, l' uno nel piano orizzontale dove appoggiano i vasi, e l' altro nell' alto della parete che guarda settentrione, senzachè però potesse entrarvi luce complessa diffusa. Ebbi tutta la diligenza affinchè in ogni serie di esperienze vi fosse uguaglianza di tutte le circostanze che potessero influire nei risultamenti: vasi sempre nuovi, della medesima fabbrica, e riempiuti della medesima terra, innaffiati tutti alla medesima ora, dove ne mostravano bisogno. In ogni cancello furono collocati sensibilissimi termometri gemelli, dai quali emerge che nell' ora di osservazione la temperatura dei cancelli fu ritrovata sempre la stessa. Eccone i risultamenti avuti.

		Ora antim.	Gradi	Ora merid.	Gradi	Ora pomerid.	Gradi
GIUGNO	18	4 1/2	14°	12	28°	7	20°
	19	5	15°	»	28°	»	21°
	20	»	14°	»	28°	6 1/2	19°
	21	5 1/2	14°	»	27°	6 1/4	20°
	22	5	15°	»	27°	7 1/4	20°
	23	»	17°	»	29°	7 1/2	18°
	24	»	16°	»	27°	7	20°
	25	»	17°	»	27°	»	20°
	26	»	17°	»	27°	»	21°
	27	»	17°	»	28°	»	18°
	28	»	16°	»	27°	»	18°
	29	»	16°	»	27°	»	18°
	30	»	17°	»	28°	»	22°
LUGLIO	1	5	18°	12	29°	7	23°
	2	»	18°	»	29°	»	23°
	3	»	19°	»	29°	»	23°
	4	»	19°	»	29°	»	23°
	5	»	20°	»	30°	»	23°
	6	»	21°	»	31°	»	23°
	7	»	20°	»	30°	»	20°
	8	6	16°	»	25°	»	19°
	9	5	17°	»	26°	8	18°
	10	»	18°	»	27°	»	19°
	11	»	19°	»	28°	»	20°
	12	»	19°	»	27°	»	21°
	13	»	17°	»	28°	7 1/2	20°
	14	»	16°	»	27°	7	19°
	15	»	17°	»	28°	7 1/2	22°
	16	»	18°	»	30°	7	23°
	17	»	20°	»	30°	7 1/2	18°
	18	»	15°	»	28°	7	18°
	19	»	15°	»	29°	7 1/2	20°
	20	»	18°	»	30°	»	22°
	21	»	19°	»	30°	8	21°
	22	»	17°	»	27°	»	20°
	23	»	19°	»	30°	»	21°
	24	6	20°	»	29°	7 1/2	20°
	25	5	17°	»	27°	»	20°
	26	»	16°	»	25°	7	17°
	27	»	16°	»	27°	7 1/2	20°
	28	»	15°	»	27°	7	20°
	29	»	15°	»	28°	7 1/2	19°
	30	»	15°	»	27°	»	16°
	31	»	15°	»	27°	»	16°
AGOSTO	1	6	13°	12	17°	7 1/2	15°
	2	5	12°	»	22°	7	19°
	3	»	16°	»	27°	»	18°
	4	»	16°	»	28°	»	20°
	5	»	17°	»	29°	»	20°

		Ora antim.	Gradi	Ora merid.	Gradi	Ora pomerid.	Gradi
Agosto	6	5	14°	12	28°	7	19°
	7	»	18°	»	29°	»	20°
	8	»	19°	»	29°	7 1/2	22°
	9	»	19°	»	30°	7	21°
	10	»	20°	»	30°	»	21°
	11	7	18°	»	28°	»	22°
	12	5	19°	»	29°	»	22°
	13	10	18°	»	30°	»	21°
	14	5	19°	»	27°	»	22°
	15	»	20°	»	30°	»	21°
	16	»	16°	»	29°	»	20°
	17	»	16°	»	28°	»	20°
	18	»	15°	»	28°	»	20°
	19	»	16°	»	30°	»	22°
	20	»	15°	»	32°	»	23°
	21	»	18°	»	32°	»	21°
	22	»	16°	»	33°	»	22°
	23	»	17°	»	33°	»	21°
	24	»	18°	»	33°	»	22°
	25	»	17°	»	30°	»	20°
	26	5 1/2	16°	»	25°	»	19°
	27	5	16°	»	26°	»	20°
	28	»	17°	6	30°	»	21°
	29	»	16°	»	29°	6 1/2	20°
	30	»	15°	»	30°	6	21°
	31	»	16°	»	28°	»	21°
Settembre	1	5	16°	12	26°	6	20°
	2	6	15°	»	27°	6 1/2	19°
	3	6 1/2	15°	»	31°	6	20°
	4	6	16°	»	32°	»	19°
	5	»	15°	»	31°	»	20°
	6	»	16°	»	28°	»	20°
	7	»	15°	»	32°	»	20°
	8	»	15°	»	29°	»	20°
	9	»	16°	»	28°	»	20°
	10	»	14°	»	24°	»	16°
	11	»	14°	»	17°	»	14°
	12	»	12°	»	17°	»	12°
	13	»	12°	»	14°	»	12°
	14	»	12°	»	14°	»	12°
	15	»	12°	»	17°	»	13°
	16	»	13°	»	19°	»	15°
	17	»	15°	»	27°	»	17°
	18	»	14°	»	28°	»	19°
	19	»	15°	»	25°	»	18°
	20	»	15°	»	17°	»	16°
	21	»	15°	»	18°	»	16°
	22	»	13°	»	15°	»	12°
	23	»	10°	»	20°	»	16°
	24	»	11°	»	19°	»	13°

	Ora antim.	Gradi	Ora merid.	Gradi	Ora pomerid.	Gradi
SETTEMBRE 25	6	12°	12	18°	6	12°
26	»	13°	»	21°	»	14°
27	»	12°	»	20°	»	13°
28	»	11°	»	18°	»	13°
29	»	12°	»	21°	»	14°
30	»	12°	»	22°	»	14°
OTTOBRE 1	6	13°	12	19°	6	14°
2	»	12°	»	20°	»	13°
3	»	12°	»	19°	»	14°
4	»	12°	»	19°	»	14°
5	»	13°	»	20°	»	14°
6	»	11°	»	23°	»	13°
7	»	12°	»	19°	»	13°
8	»	11°	»	21°	»	13°
9	»	12°	»	20°	»	13°
10	»	12°	»	19°	»	14°
11	»	12°	»	19°	»	12°
12	»	10°	»	17°	»	11°
13	»	10°	»	18°	»	12°
14	»	10°	»	18°	»	12°
15	»	9°	»	19°	»	11°
16	»	10°	»	20°	»	12°
17	»	10°	»	22°	»	12°
18	»	9°	»	23°	»	12°
19	»	10°	»	18°	5 1/2	12°
20	6 1/2	10°	»	20°	»	12°
21	»	10°	»	21°	»	11°
22	»	9°	»	21°	»	11°
23	»	9°	»	22°	»	12°
24	»	8°1/2	»	23°	»	12°
25	»	8°	»	23°	»	11°
26	»	8°	»	22°	»	12°
27	»	9°	»	21°	»	11°
28	»	9°	»	20°	»	11°
29	»	9°	»	20°	»	9°
30	»	9°	»	19°	»	9°
31	»	9°	»	19°	»	9°

Le esperienze che io feci, incominciando dal giorno 18 Giugno a tutto Ottobre 1842, possono essere nelle seguenti quattro serie comprese.

SERIE PRIMA

di esperienze istituite sugli individui dell' Impatiens balsamina, Ocymum viride, Myrtus moscata e Cereus pentalophus.

VIII. Sei individui dell' *Impatiens balsamina* furono trapiantati in vasi uguali e ripieni della medesima terra : dopo otto giorni, nei quali mi assicurai della prospera vegetazione di tutti, furono collocati ne' cancelli ; uno dei quali era senza vetro, e gli altri chiusi con vetri colorati, *aranciato, giallo, verde, azzurro e violetto ;* in questa prima serie non potei avere peranco il vetro rosso, per quante ricerche io abbia fatte in Venezia. Simultaneamente furono in sei altri vasi ripieni della stessa terra seminati dei semi dell' *Impatiens balsamina*, che alcuni giorni prima erano stati raccolti : essi pure furono collocati nei cancelli a lato delle pianticine anzidette. Le osservazioni furono incominciate alle ore 5 antimeridiane del giorno 18 Giugno 1842, e continuate sino alle ore 8 p. m. del giorno 26 dello stesso mese, cioè all' incirca per l' intervallo di nove giorni. Eccone i risultamenti :

In ordine allo sviluppo delle piante ebbi a notare :

1.° Che le piante, le quali, a preferenza d' ogni altra, allungarono il loro gambo, furono quelle ch' erano esposte al raggio azzurro ;

2.° Che le piante, le quali sensibilmente non allungarono il loro gambo, furono quelle sottoposte al raggio verde ;

3.° Che le piante più snervate e floscie furono quelle esposte al raggio verde ; quindi quelle del turchino, aranciato e giallo, e nell' ottavo giorno le pianticine esposte al raggio verde perirono. Prese in attenta disamina, rinvenni che la malattia era al colletto e nelle radici ;

4.° Che le piante, che si mantennero quasi in istato naturale, rispetto a vigore nel gambo e nelle foglie, furono le esposte al raggio violetto ; ma in esse tuttavia è a notarsi che i rudimenti de' fiori, che aveano messi, erano già periti ;

5.° Che le foglie delle piante nei raggi violetto e verde, aveano un colorito più cupo di quello che conservarono le piante all' aria libera, e che le foglie di tutte le altre piante divennero di una tinta più o meno verde giallognola ;

6.° Che le piante esposte al verde, azzurro e violetto, e nel cancello senza vetro, si piegarono desse colle loro cime verso la luce ; e che per converso quelle esposte all' aranciato ed al giallo mantennersi diritte.

La trista influenza esercitata dal raggio verde sopra gl' individui dell' *Impatiens balsamina*, ha richiamata a preferenza la mia attenzione, e perciò volli riconfermarla in altri individui della medesima e di altre specie. Le pianticine dell' *Impatiens balsamina*, che per nove giorni erano state sottoposte al raggio violetto, e che si ritrovavano in buono stato di vegetazione, furono collocate nel cancello di vetro verde, in cui rimasero per 5 giorni, cioè dal 26 Giugno al primo Luglio 1842. In questo intervallo di tempo non manifestarono sensibile incremento, e vennero pressochè a perire. Esaminate, si rinvenne che la malattia era nel cuoricino. Lo stesso risultamento io m' ebbi ancora da un individuo di *Ocymum viride*, che da prima era vegeto e rigoglioso e da due mesi trapiantato. La esperienza incominciò il giorno 3 di Luglio, e venne continuata sino al dì 27 dello stesso mese. Non vidi alcun incremento nel gambo, le foglie ingiallirono e caddero. La malattia era nel cuoricino, che in fine ebbe a marcire. Non contento di questi effetti, volli ripetere l' osservazione sopra tre individui del *Myrthus moscata*, che erano vegeti e vigorosi. Ebbe essa principio col primo d' Agosto, e finì col giorno 22 di Settembre 1842. Le pianticelle al 10 di Agosto aveano sviluppate due nuove foglie, e mostravano piegarsi verso la luce. Nel giorno 17 Agosto, una di esse incominciava a patire ; nel giorno 5 Settembre, tutte mostravano grave deperimento, e nel dì 22 dello stesso mese erano tutte perite. Nel dì 20 Luglio avea pure collocato nel cancello del vetro verde un individuo del *Cereus pentalophus*, che era d' un bel verde e pieno di vita. Fui indotto a fare questo esperimento dal desiderio di conoscere se gli effetti sopra descritti si manifestino

pure nei vegetali che per organizzazione differiscono dai precedenti. Fino al 17 Agosto questa pianta era in buona vegetazione, e non avea minimamente perduto della sua forma; al 2 di Settembre si era dessa sensibilmente assottigliata alla cima, ch'era piegata verso la luce; al 3 Ottobre era tuttavia d'un colore naturale, ma *filata*. Era cresciuta di 6 1/2 centimetri colla sua cima vie maggiormente piegata verso la luce; al 25 Ottobre l'accrescimento era di centimetri 7. Questa pianta impertanto non si è risentita di quelle tristi conseguenze alle quali andarono soggette le precedenti. Dagli esposti fatti parrebbe che la influenza del raggio verde si modificasse secondo la diversa natura dei vegetali; ma io non amo per ora dedurre conclusione alcuna; perchè è meglio aspettare che vie maggiormente si manifesti la natura.

In ordine poi al germinare dei semi dell' *Impatiens balsamina*, ebbi ad osservare:

1.° Che nel secondo giorno d'osservazione si svilupparono dei semi esposti al raggio *verde;*

2.° Che nel terzo giorno si svilupparono dei semi esposti al raggio *violetto;*

3.° Che nel quarto giorno si svilupparono nel *giallo* e nell' *aranciato;*

4.° Che nel quinto giorno ne germogliarono nel *turchino;*

5.° Che nel sesto giorno perirono quelle pianticine che nel quarto giorno si svilupparono nel raggio *giallo;*

6.° Che nel settimo giorno si svilupparono nel *giallo* due nuovi semi;

7.° Che nel nono giorno si svilupparono i semi ch'erano nel cancello senza vetro;

8. Che le foglioline seminali nel raggio verde ed anche nel violetto dispiegarono un verde assai cupo, che non ebbero quelle all'aria libera; che le foglioline seminali delle altre pianticine furono di un colorito verde-giallognolo, mentrechè i gambi in tutte furono bianchissimi e trasparenti, ad eccezione di alcuni nel cancello del vetro verde, ch'erano rossicci.

SERIE SECONDA

di osservazioni fatte su pianticine e semi dell' Echinocactus Octonis.

IX. Le pianticine dell' *Echinocactus Octonis* erano in perfettissimo stato di salute, della grossezza circa d' un pisello e da nove giorni trapiantate in vasi, ed i semi erano di quelli che furono raccolti nell' anno antecedente. In questa nuova serie d' osservazioni ebbi ancora il vetro rosso, e la grossezza delle pianticine era decrescente nell' ordine seguente: turchino, giallo, verde, rosso, senza vetro, violetto ed aranciato. L' osservazione incominciò il giorno 26 di Giugno, e per le pianticine fu continuata a tutto Ottobre, e pei semi sino al 27 di Luglio.

In ordine impertanto allo sviluppo delle pianticine, ebbi a notare: che per avere dei risultamenti, che non abbiano poi a patire certi cangiamenti, bisogna lasciar trascorrere un intervallo di tempo assai lungo, massime ove si tratti di piante di sviluppo assai lento. Infatti, dopo 24 giorni di esposizione, cioè dal 26 Giugno al 19 Luglio 1842, l' ordine decrescente delle pianticine fu come segue: *verde, giallo, turchino, rosso, aranciato, violetto, senza vetro;* e le due pianticine del giallo e dell' aranciato aveano perduto il loro verde primitivo, ed erano divenute di una tinta giallognola quasi esprimente uno stato di patimento. Esaminate queste pianticine di nuovo comparativamente il 6 Agosto, apparve lo sviluppo decrescente nell' ordine che segue: *giallo, verde, rosso, aranciato, turchino, violetto, cancello senza vetro.* La prima pianticella era della grossezza circa di tre piselli. Si ebbe adunque una precedenza del giallo sul verde, e del rosso ed aranciato sopra il turchino. Le pianticine esposte al giallo ed all' aranciato rinverdirono, ma più quelle del giallo che dell' aranciato; e in fine, quelle sottoposte al giallo, turchino, rosso, aranciato, e collocate nel cancello senza vetro, serbarono la loro forma naturale, e si allungarono per converso

quelle che erano nel verde e nel violetto. Trascorsi che furono quattro mesi d' esposizione, cioè al terminare di Ottobre, furono gli individui dell' *Echinocactus Octonis* sottoposti a nuovo esame comparativo, e presentarono i seguenti caratteri :

nel turchino, colorito e forma naturale, altezza di 1 centimetro.

nel giallo, colorito verde-giallognolo, forma naturale, altezza di 1 1/2 centimetro.

nell' aranciato, colorito giallo, forma allungata, altezza di 2 centimetri.

nel verde, colorito giallo, forma allungata, altezza di 1 1/2 centimetro.

nel rosso, colorito giallognolo, forma un po' allungata, altezza di 1 centimetro.

nel violetto, colorito verde-giallo, forma allungata, altezza di 2 centimetri.

L' ordine adunque dello sviluppo decrescente fu come segue :

violetto	2 centimetri
aranciato	
verde	1 1/2 »
giallo	
rosso	1 »
turchino	

Dove è bene notare che l' allungamento non si manifestò già in relazione nè col naturale colorito della pianta, nè colla sua forma, per cui vuolsi conchiudere che lo sviluppo delle piante è un fenomeno complesso, che dipende da numerose circostanze, il valor di ciascuna delle quali non è stato peranco determinato dai dotti, e pare che non si possa avere grande speranza di poterlo compiutamente analizzare.

In ordine alla germinazione dei semi dell' *Echinocactus Octonis*, osservai :

1.° Che nel *violetto* il giorno 19 Luglio apparvero sviluppati tre semi, e che le pianticine erano di un buon verde, e che altro seme si sviluppò il giorno 25 dello stesso mese;

2.° Che *nel turchino* il giorno 19 Luglio si sviluppò un seme d'un buon verde, e la pianticina perì il giorno 4 Agosto;

3.° Che *nel cancello senza vetro*, il giorno 19 Luglio si sviluppò un seme, e che la pianticina avea tuttavia una tinta biancastra;

4.° Che *nel verde* il giorno 24 luglio si sviluppò un seme, e che la pianticina perì nel giorno 30 Luglio;

5.° Che *nel rosso* si sviluppò un seme il giorno 25 Luglio, e che la pianticina era meschinissima e venne a perire il giorno 26 Luglio;

6.° Che *nell' aranciato* non si sviluppò alcun seme, e così pure nel *giallo*.

Impertanto si vede che in questa seconda serie lo sviluppo dei semi si fu:

dal *cancello senza vetro*	giorni 24
violetto	
turchino	
al *verde*	giorni 29
e *rosso*	giorni 30.

Non debbo tacere che la massima influenza nello sviluppo dei semi dell' *Echinocactus Octonis* l' ebbi ad osservare in una serra coperta di carta oliata. Essi erano di quegli stessi impiegati precedentemente. Di quelli seminati il giorno 19 Luglio, tre si svilupparono il giorno 20 dello stesso mese, due altri il giorno 24, e due ancora il giorno 27. Il minimo adunque e massimo di questo tempo si fu di 11 e 18 giorni. Non vuolsi inoltre ommettere che furono impiegati vasi e terra come negli antecedenti esperimenti, e che solo, come suolsi praticare dai giardinieri, la terra era coperta di muschio.

SERIE TERZA

di osservazioni fatte sopra semi dell' Iberis amara.

X. Nel giorno 4 di Agosto collocai in osservazione varii semi dell' *Iberis amara*, ch' erano stati raccolti da 8 a 10 giorni prima, e ve li mantenni fino al giorno 17 dello stesso mese.

Ecco l' ordine, secondo il quale si svilupparono :

8 *Agosto*, sotto il *vetro verde* si svilupparono semi 7. Le foglie seminali erano d' un bel verde, e rivolte verso la luce.
— — sotto la *carta oliata* si svilupparono semi 20. Le foglie seminali erano d' un bel verde.
10 *Agosto*, sotto il *vetro violetto* svilupparonsi semi 4. Le foglie seminali erano d' un verde meno intenso delle precedenti.
11 *Agosto*, sotto il *vetro rosso* semi 3.
— — nel *cancello senza vetro* » 2.
— — nel *vasetto all' aria aperta* » 2.
— — sotto il *vetro turchino* » 4.
14 *Agosto*, sotto il *vetro aranciato* » 2.
17 *Agosto*, sotto il *vetro giallo* nessuno sviluppo.

Sopra le pianticine dell' *Iberis amara* non si poterono continuare le osservazioni, perchè in pochi giorni divennero di tanto cachetiche, ch' io disperai di poterne ritrarre risultamento alcuno, e perciò ordinai che fossero levati i vasi dai cancelli, per dar luogo alle osservazioni di altre piante.

SERIE QUARTA

di osservazioni fatte sullo sviluppo delle cipolle dell' Oxalis multiflora.

XI. Nel giorno 18 Agosto 1842 nei sette cancelli, come pure nella serra della carta oliata, furono collocati sette vasetti, nei quali vennero piantate delle cipolle dell' *Oxalis multiflora,* che non aveano peranco dato alcun segno di vegetazione. Le cipolle incominciarono a vegetare nell' ordine che segue :

27	*Agosto,*	nel cancello del *vetro verde.*
28	—	nel cancello della *carta oliata.*
29	—	nei cancelli dei vetri *turchino, giallo e rosso.*
30	—	nel cancello del *vetro aranciato.*
1.°	*Settembre,*	nel cancello del *vetro violetto.*

Nel giorno 1.° di Settembre il cancello senza vetro fu guernito d' una lastra di colore nerissimo, e dentro vi fu collocato un vasetto con una cipolla di *Oxalis multiflora,* la quale appena dava sentore di vegetazione ; furono queste cipolle esaminate comparativamente nei giorni 9 e 22 di Settembre, 3 e 25 di Ottobre, e dimostrarono i seguenti caratteri :

9 *Settembre*

Sotto il *vetro nero,*	colorito giallo,	gambo molto sottile, alto 16 centimetri, e diritto.
Sotto il *vetro verde,*	colorito verde,	gambo un poco sottile, alto 10 centimetri, e diretto verso la luce.
Sotto il *vetro turchino,*	— —	gambo alto 6 centimetri e diretto verso la luce.
Sotto il *vetro rosso,*	— —	gambo alto 4 centimetri e diretto verso la luce.

Sotto il *vetro giallo,* colorito verde, gambo alto 5 centimetri e diritto verso la luce.

Sotto il *vetro aranciato,* — — gambo alto 3 centimetri e diritto verso la luce.

Sotto il *vetro violetto,* — — gambo alto 3 centimetri e rivolto alla luce.

Sotto la *carta oliata,* d' un verde più cupo nelle foglie e nel gambo che nei precedenti individui, gambo alto 6 centimetri e rivolto alla luce.

All' *aria libera,* di un verde il più naturale, gambo molto ramificato. alto 3 centimetri e più vigoroso.

22 *Settembre*

Sotto il *vetro nero,* di un colorito bianco, gambo trasparente, alto 26 centimetri e diritto.

Sotto il *vetro verde,* di un colorito verde assai debole, gambo alto 20 centimetri colla cima diretta alla luce.

Sotto il *vetro turchino,* di un colorito verde-giallognolo, gambo alto 17 centimetri colla cima diretta alla luce.

Sotto il *vetro rosso,* di un colorito verde, gambo alto 16 cent. e diritto.

Sotto il *vetro giallo,* di un colorito verde-giallo, gambo alto 16 centimetri e diritto.

Sotto il *vetro aranciato,* di un colorito verde-giallo, gambo alto 15 centimetri e diritto.

Sotto il *vetro violetto,* di un colorito verde debole, gambo alto 13 centimetri e colla cima rivolta alla luce.

Nel cancello della *carta oliata,* di un colorito verde, gambo alto 12 centimetri e *filato,* e colla cima rivolta alla luce.

All' *aria libera,* di un colorito verde naturale, gambo alto 6 centimetri con cinque o sei rami e con bottoni da fiorire, che davano sembianza di essere tra cinque o sei giorni perfettamente sviluppati.

3 *Ottobre*

Sotto il *vetro nero,* di un colorito bianco, gambo alto 36 centimetri e diritto.
Sotto il *vetro verde,* di un colorito verde-giallo, gambo alto 35 centimetri, colla cima rivolta alla luce.
Sotto il *vetro turchino,* di un colorito verde-giallognolo, gambo alto 26 centimetri e colla cima rivolta alla luce.
Sotto il *vetro rosso,* di un colorito verde-giallo, gambo alto 29 centimetri e diritto.
Sotto il *vetro giallo,* di un colorito verde-giallognolo, gambo alto 25 centimetri e colla cima un poco rivolta alla luce.
Sotto il *vetro aranciato,* di un colorito verde-giallo, gambo alto 26 centimetri e diritto.
Sotto il *vetro violetto,* di un colorito verde-giallo, gambo dell' altezza di 24 centimetri e colla cima rivolta alla luce.
All' aria *libera,* di un colorito verde-oscuro, gambo alto 13 centimetri, molto ramificato e con bella fioritura.

25 *Ottobre*

Sotto il *vetro nero,* di un colorito al tutto bianco, gambo alto 56 centimetri.
Sotto il *vetro verde,* di un colorito verde-giallognolo, gambo alto 54 centimetri, assai sottile, senza indizio alcuno di fioritura.
Sotto il *vetro turchino,* di un colorito verde-giallognolo, gambo alto 42 centimetri, il quale segna tre fiori, che fra due o tre giorni avranno il loro sviluppo.
Sotto il *vetro rosso,* di un colorito verde-giallognolo, gambo alto 50 centimetri, molto sottile, senza indizio alcuno di fioritura.
Sotto il *vetro giallo,* di un colorito verde-giallognolo, gambo alto 35 centimetri, senza indizio alcuno di fiori.
Sotto il *vetro aranciato,* di un colorito verde-giallo, gambo alto 34 centimetri, con indizio di fioritura.

Sotto il *vetro violetto,* di un colorito giallo, gambo alto 40 centimetri, sottile, senza indizio di fioritura.

Sotto *la carta oliata,* di un colorito quasi naturale, gambo alto 25 centimetri, e sviluppò perfettamente due fiori.

All' *aria libera,* di un colorito verde-oscuro, gambo alto 16 centimetri, fornito di 5 rami, con 8 fiori perfettamente sviluppati.

I fiori della pianta sotto il vetro turchino si svilupparono ai primi di Novembre ; uno cioè ai 2, e due ai 4 di detto mese : confrontati i petali con quelli che si apersero all' aria libera, non riscontrai differenza alcuna nel colorito.

XII. Da tutte queste osservazioni emerge :

1.° Che la vegetazione sotto la luce colorata, diviene stentata e tisica, come aveano raccolto Senebier e Carradori ;

2.° Che l' ordine osservato da Senebier nella germinazione dei semi, non si è verificato nelle mie osservazioni. In quelle di Senebier fu dal giallo al violetto e rosso ; e nelle mie, la germinazione dei semi dell' *Echinocactus octonis* e dell' *Iberis amara,* fu dal violetto al rosso e giallo, e nella germogliazione delle cipolle dell' *Oxalis multiflora,* dal rosso e giallo al violetto (§§. IX, X e XI) ; mentre, secondo Hunt, i tulipani germogliarono da principio sotto il vetro aranciato e poi sotto il vetro rosso (§. VI) ; e, secondo Morren, quelli del *Lepidium sativum* e dell' *Alsine media* germogliarono prima sotto i colori violetto, e appresso sotto i colori giallo e rosso ;

3.° Che neppure fu pienamente confermato l' ordine stabilito da Senebier, riguardante l' allungamento delle piante. I resultati delle mie osservazioni, convengono rispetto ai due termini estremi, cioè massimo all' oscurità, e minimo nell' aria libera ; ma discordano poi nei termini intermedj. Secondo Senebier, è decrescente dal giallo al violetto e rosso (§. I) ; e secondo le mie osservazioni, nell' *Oxalis multiflora* mostrasi decrescente dal rosso al violetto e giallo (§. XI) ; e nell' *Echinocactus* dal

violetto al giallo e rosso (§. IX). Inoltre, per Senebier, la trasparenza e debolezza dei gambi segue la ragione diretta del loro accrescimento; ma io, per converso, ebbi ad osservare, che il gambo d'un individuo dell' *Oxalis multiflora* sotto il vetro turchino fu della lunghezza di 42 centimetri, e che altro sotto il giallo fu della lunghezza di 35 centimetri, e di 34 centimetri sotto il vetro aranciato; e tuttavia quello del giallo non fu valente a dare indizio di fioritura, e quello dell' aranciato, ancorchè ne abbia dato segno, non ebbe virtù di recarla a perfezione (§. XI), mentre quello del vetro turchino sviluppò compiutamente tre fiori;

4.° Che la speciale potenza del raggio violetto sopra il rosso ed il giallo di colorire, secondo Senebier, in verde le foglie dei vegetali, e di possedere questa efficacia per lo meno al grado stesso della luce libera e indecomposta, viene confermata dalle osservazioni fatte sugli individui dell' *Impatiens balsamina*, ma non da quelle instituite sugl' individui dell' *Oxalis multiflora* (§. VIII e XI); e questi stessi risultamenti discordano da quelli di Morren, secondo il quale la virtù di far inverdire le piante appartiene al raggio giallo ed all' arancio;

5.° Che la virtù roboratrice sia minore, giusta Senebier, nel raggio violetto che nel giallo e nel rosso, non si conferma dagli esperimenti del Poggioli (§. III), e neppure dai miei instituiti sugli individui dell' *Impatiens balsamina* (§. VIII);

6.° Che la sentenza del Poggioli sul minor vantaggio alla vegetazione del raggio verde in confronto del rosso, è sostenuta dai risultamenti, che mi ebbi dagli individui dell' *Impatiens balsamina*, e *Ocymum viride*, e *Myrtus moscata* (§. VIII).

7.° Che la maggiore virtù roboratrice io la rinvenni nell' individuo dell' *Oxalis multiflora* sottoposto al vetro turchino (§. XI);

8.° Che le cime delle piante nell' *Oxalis multiflora*, esposte ai vetri rosso, aranciato e giallo, si mantennero diritte, mentre le altre piegavansi verso la luce (§. VI e XI); e che altrettanto aveva osservato sotto i vetri aranciato e giallo negli individui dell' *Impatiens balsamina* (§. VIII).

Dopo tutto ciò, ripetere io debbo quanto dissi al §. IX di

questo Capo, che gli effetti della fisiologia vegetale sono più complessi di quello che a prima vista non sembrino; e parmi debbasi avere precipuamente riguardo alla azione elettiva della luce decomposta sulle varie condizioni organico-vitali dei tessuti, che sola può render ragione del perchè nei varii individui delle varie specie si presentino quelle diversità di fenomeni che furono esposte.

XIII. I primi saggi di queste mie esperienze furono comunicati all' I. R. Istituto di scienze, lettere ed arti delle Provincie Venete, alla Reale Società di Orticoltura di Parigi, e all' Accademia delle scienze dell' Istituto di Francia, che incaricò i sigg. de Jussieu, Ad. Brongniart, Boussingault, Dutrochet a farne rapporto, e il sig. Dutrochet poi ne fu il relatore all' insigne Corpo Scientifico. Nel mentre che la Reale Accademia delle scienze mi faceva il distinto onore di rendermi atti di ringraziamento per la mia scientifica comunicazione, mi confortava a continuare le mie ricerche, non più impiegando vetri colorati, che non sono mai rigorosamente comparabili sotto l' aspetto della intensità della luce che trasmettono, ma usando i raggi colorati dello spettro solare (1). Io avrei ben di buona voglia istituiti nuovi esperimenti coi raggi colorati dello spettro solare, se tal modo di sperimentare, quanto bello e preferibile considerato speculativamente, altrettanto non fosse circondato da insormontabili difficoltà all' atto di farne la materiale applicazione. Anzi tutto io m' avviso, che anche coll' uso dello spettro solare non avrebbesi mai quella assoluta comparabilità nell' intensità della luce tra sperimentatori distribuiti in varii luoghi, e neppure tra le sperienze successivamente fatte in varii giorni, e ben di rado ancora fra quelle istituite nelle varie ore della stessa giornata, come dimostrano i risultamenti da me ottenuti col mio nuovo fotodoscopio, del quale parlo nel Capo secondo di queste Ricerche. Esso vince in isquisitezza ogn' altro apparato dalla fisica al presente posseduto. Per quel necessario

(1) *Comptes Rendus*; T. XVIII, pag. 849, an. 1844.

confronto che richiede la scienza, basta che le lastre colorate sieno della stessa grossezza, colorate coi medesimi ossidi metallici, e sieno veramente monocromatiche. Le mie presentarono questi caratteri. Il prisma di *flint* non valse desso a decomporre il raggio che attraversava l'apertura del porta-luce, munita in seguito delle mie lastre colorate; ed armato l'occhio da questi vetri colorati, ebbi ad ottenere sempre la distruzione del suo complementario puramente prismatico, riportandone una sensazione di bianco. Per le quali ragioni impertanto, e perchè ancora sperimentando collo spettro solare era pressochè impossibile sottoporre una pianta intera all'influenza di un solo raggio, io mi determinai a proseguire i miei sperimenti col metodo usato. Il piegarsi delle pianticelle dell'*Alsine media,* osservato da Pouillet e Dutrochet, del qual fenomeno furono pur testimonii de Jussieu e Ad. Brongniart, membri dell'Istituto di Francia, venne eziandio verificato anche da me ne' miei nuovi sperimenti. Mi riescì carissimo un tale riscontro a riprova ancora della bontà del mio metodo, col quale pure aveva lo stesso fenomeno verificato nell' *Oxalis multiflora*, e in altre piante. Sopra di questo argomento sono tornati ultimamente il Gardner e il Durand (1). Io rivolsi in quella vece i miei studii all'utilità che si può trarre dalla luce rifratta dai vetri colorati nella germinazione dei semi. Debbo innanzi tutto avvertire, che la serra superiormente descritta fu l'apparato in cui ebbi a sperimentare, e che usai ogni diligenza perchè in ciascuna serie di esperienze pareggiate fossero le condizioni termiche ed igrometriche, che influir possono sui risultamenti, come minutamente descrissi in questo Capo. Io espongo in una tabella i giorni ne' quali commisi al terreno i semi, e il primo giorno del loro germogliamento sotto vetro nero, rosso, aranciato, giallo, azzurro, violetto e all'aria libera.

(1) *Silliman's Americ. Journ.;* T. XLVI, pag. 1. — *Phil. Mag.;* T. XXIV, pag. 1. — *Berzelius*, Rapport VI, p. 243. Parigi, 1846. — *Comptes Rendus;* T. XXII, p. 552, an. 1846.

Piante ed epoche del germogliamento dei semi.

Convolvulus tricolor. Seminato il 29 Agosto 1843, germogliò

Sotto il vetro nero	Sotto l'aranciato, rosso e violetto	Sotto il verde	Sotto il giallo	Sotto il turchino
più semi	più semi	più semi	più semi	un seme
31 Agosto	5 Settembre	6 Settembre	9 Settembre	13 Settembre

All' aria libera nessuno sviluppo.

Reseda odorata. Seminata il 5 Settembre, germogliò

Sotto il vetro nero	Sotto il violetto	Sotto il rosso, verde e turchino	Sotto all' aranciato	Sotto il giallo
un seme	4 semi	6 semi	2 semi	nessuno sviluppo
9 Settembre	10 Settembre	11 Settembre	12 Settembre	

All' aria libera, germogliò un seme nell' 8 Ottobre.

Rumex sanguinea. Seminata il 15 Settembre, germogliò

Sotto il vetro verde	Sotto il nero	Sotto il rosso	Sotto l'arancio, giallo e turchino	Sotto il violetto
6 semi	10 semi	7 semi	diversi semi	6 semi
22 Settembre	23 Settembre	23 Settembre	25 Settembre	23 Settembre

All' aria libera, molti semi al primo di Ottobre.

Papaver somniferum. Seminato il 24 Settembre, germogliò

Sotto il vetro verde	Sotto il nero	Sotto il rosso	Sotto il violetto	Sotto il turchino	Sotto l' aranciato e giallo
più semi	più semi	un seme	2 semi	2 semi	nessuno
6 Ottobre	6 Ottobre	9 Ottobre	6 Ottobre	8 Ottobre	

All' aria libera, molti semi il 9 Ottobre.

Cochlearia officinalis. Seminata il 21 Settembre, germogliò

Sotto il vetro verde	Sotto il turchino, nero e aranciato	Sotto il violetto	Sotto il giallo	Sotto il rosso
più semi	più semi	più semi	più semi	più semi
30 Settembre	1.° Ottobre	2 Ottobre	3 Ottobre	3 Ottobre

All' aria libera, nessuno sviluppo.

Dianthus cariophyllus. Seminato pure il 21 Settembre, germogliò

Sotto il vetro violetto	Sotto il turchino, giallo, verde e nero	Sotto il rosso	Sotto l'aranciato
più semi	più semi	un seme	più semi
9 Ottobre	1.° Ottobre	1.° Ottobre	3 Ottobre

All' aria libera, nessuno sviluppo.

Ocymum basilicum bullatum. Seminato il 3 Ottobre, germogliò

Sotto il vetro violetto	Sotto il rosso	Sotto il nero	Sotto il turchino	Sotto il giallo
più semi	un seme	un seme	varii semi	più semi
9 Ottobre	11 Ottobre	9 Ottobre	13 Ottobre	14 Ottobre

All' aria libera, nessuno sviluppo.

Idem

Sotto il vetro verde	Sotto l'aranciato		
2 semi	nessuno sviluppo		
16 Ottobre			

All' aria libera nessuno sviluppo

XIV. Da queste osservazioni raccolsi:

1.° Non esser vero che la germinazione dei semi segua la ragione precisamente inversa del grado illuminante; imperocchè il *Convolvulus tricolor, la Reseda odorata* si svilupparono bensì prima nel nero, ma non così la *Rumex sanguinea*, il *Papaver somniferum*, la *Cochlearia officinalis*, che preferirono il verde; e il *Dianthus cariophyllus* e l' *Ocymum basilicum bullatum*, che preferirono agli altri raggi colorati il violetto; anzi lo stesso *Dianthus cariophyllus* si sviluppò prima sotto la luce complessa che sotto il raggio giallo;

2.° Non potersi ascrivere puramente la varietà dei resultati alla varietà di temperatura e dello stato igrometrico tra l'interno e l'esterno della serra, perocchè questi stati in tutti i cancelli erano sensibilmente uguali, come ho potuto convincermi con ripetute osservazioni; eppure più semi del *Papaver somniferum* germinarono sotto il verde nel 12.mo giorno; sotto il rosso, un seme solo nel 15.mo giorno; e sotto il vetro aranciato e giallo non v' ebbe niun sviluppo. Più semi del *Convolvulus tricolor* svilupparonsi sotto il nero nel 3.zo dì; sotto i vetri aranciato, rosso e violetto, nel 7.mo; sotto il verde, nell' 8.vo; sotto il giallo, nel 9.no; e sotto il turchino, nel 15.mo Differenze di tempo non dispregievoli offrì ancor la germinazione degli altri semi sottoposti ai vetri colorati;

3.° Potersi applicare i vetri colorati con utilità alla pronta e sicura germinazione dei semi, ma che per questa applicazione tuttavia ricercasi che la esperienza ne mostri quali vetri debbano preferirsi nelle varie specie di semi, affine di ottenere una economia di tempo e vigor nelle piante; le quali appena spuntate dovranno essere tolte fuori ed esposte alla luce bianca. Debbo non pur confessare, che il campo per queste nuove investigazioni è appena aperto, e che gli Orticultori, mettendovisi dentro con alacrità, potranno trarne applicazioni utilissime; ma debbo soggiugnere, che per allargare consimili ricerche, si addimanda o la liberalità de' ricchi, o la munificenza de' Principi (1).

(1) *Atti delle Adunanze dell' I. R. Istituto Veneto*; T. II, pag. 63; Venezia, 1844.

XV. Io pongo fine a queste osservazioni fisiologiche col riferire i pretesi effetti sopra le piante nella eclisse totale dell' 8 Luglio 1846. Secondo il sig. Manfredini, in Guastalla, alcune piante collocate contro un muro esposto ad oriente, sentirono maravigliosamente la mancanza della luce, come l' *Hibiscus trionum* e il *Leontodon taraxacum*, ed altre che si chiudono al velarsi dell' atmosfera (1). In un articolo di Cremona, si narrò che si chiusero le *Mimose* nel tempo della totale occultazione (2). Nel sunto della Relazione del sig. prof. Perego intorno all' eclissi dell' 8 Luglio 1842, letta nell' adunanza ordinaria del 24 Luglio 1842 all' Ateneo di Brescia,. si è riferito: « Se le Mimose e le porlerie, forse per la cortezza del tempo che durò l'assenza totale della luce del sole, non restrinsero le loro foglie, non però furono insensibili allo svanire dell' amico raggio i Convolvoli, e segnatamente il Vilucchio (*Convolvulus arvensis*) e la Bella del giorno (*Convolvulus tricolor*), che tosto chiusero la loro corolla, a quella guisa appunto che sogliono in sul vespero accommiatare il morente sole (3). Un pittore milanese ha riferito aver tenuto in osservazione il fiore della *Calendula officinalis*, ed essersi accorto che a misura che aumentava la mancanza della luce gradatamente chiudevasi (4). A Vienna d' Austria non si manifestò alcuna influenza sulle Mimose; se non che una *Colutea suterlandia fructescens* chiuse interamente la sua corolla, la quale poscia si riaperse al riapparir della luce (5). Nulla ciò stante il sig. professore di Storia Naturale nob. Balsamo Crivelli non ha potuto in niun modo ravvisare, in Milano, sicuro indizio di cambiamento nei vegetabili ch' egli teneva in osservazione; come nessun indizio io pure aveva potuto avere all' I. R.

(1) *Bulletin de l' Académie royale de Bruxelles*, n. 8, T. IX, pag. 177, *séance du* 6 *Août* 1842.

(2) *Giornale dell' I. R. Istituto Lombardo*, fascicolo 12, pag. 313. Milano, 9 Settembre, anno 1842.

(3) *Estratto dalla Gazzetta della provincia Bresciana*, n. 31 del giorno 31 Luglio 1842.

(4) *Relazione di Capelli*, pag. 15, Milano 1842.

(5) *Gazzetta privilegiata di Venezia*, 26 Luglio 1842, n. 166.

Orto Botanico in Venezia (1). Le piante impertanto che, secondo i ricordati autori, si risentirono della mancanza della luce solare, furono precipuamente l' *Hibiscus trionum*, il *Leontodon taraxacum*, il *Convolvulus arvensis*, il *Convolvulus tricolor*, la *Calendula officinalis* e la *Colutea suterlandia fructescens*. In tale diversità di sentenze, ho amato, negli anni 1843, 1844, 1845, di fare una serie di osservazioni sopra molti individui delle stesse specie, che formarono l' obbietto delle investigazioni degli studiosi della natura, a fine di spargere qualche luce intorno a così interessante ricerca. A Milano, Brescia, Vienna e Venezia il cominciamento e la durata dell'eclisse, secondo le Effemeridi astronomiche, sarebbero stati come segue:

	Parziale	Totale	Totale	Parziale
Milano . . .	5^h, 20′ . . .	6^h, 15′, 4″ . . .	6^h, 17′, 18″ . .	7^h, 17′
Brescia . . .	5^h, 24′ . . .	6^h, 19′, 18″ . . .	6^h, 21′, 44″ . .	7^h, 21′
Vienna . . .	5^h, 51′ . . .	6^h, 48′, 58″ . . .	6^h, 50′, 55″ . .	7^h, 31′
Venezia. . .	5^h, 32′ . . .	6^h, 28′, 49″ . . .	6^h, 29′, 33″ . .	7^h, 32′

A Venezia, negli anni 1843, 1844, 1845, nei giorni precedenti e susseguenti l' 8 Luglio, e nello stesso giorno dell' 8, all' I. R. Orto Botanico, aprirono le seguenti specie le loro corolle nell' ore precise qui sotto indicate:

Convolvulus tricolor.	alle ore 6 e minuti 7.
Convolvulus arvensis	alle ore 6 e minuti 13. Alle ore 7 non è aperta che una terza parte della corolla.
Calendula officinalis	alle ore 6 e minuti 12. Alle ore 7 non è aperta che una metà della corolla.

(1) *Relazione dei principali fenomeni osservati nel totale dell' eclisse solare dell' 8 Luglio 1842, dell' Ab. Giuseppe Capelli*, p. 15, Milano, 1842. — Zantedeschi, *Relazione dei principali fenomeni osservati in Venezia nell' eclisse solare dell' 8 Luglio 1842*, tipografia Cecchini e Comp., 15 Luglio 1842.

Colutea fructescens	in tutte le giornate non presenta verun movimento nè nella corolla, nè nelle foglioline.
Leontodon taraxacum	nei dintorni del litorale veneto alle ore 9.
Hibiscus trionum	idem.

Nessuna adunque di queste piante, per Venezia e suoi dintorni, prima dell' incominciamento dell' eclisse solare aprì la propria corolla. L' orario delle più pronte fu negli istanti prossimi all' accaduta eclisse totale; e di altre, avvenne dopo alcune ore dell' osservato eclisse solare; e della *Colutea suterlandia fructescens* non ebbi mai nè nelle foglioline, nè nella corolla movimento alcuno nel giorno e nella notte. Se questi fatti fossero stati osservati dal celebre Arago, non avrebbe scritto contro le mie osservazioni eseguite sulle piante in Venezia: m' affretto a dire che in Venezia l' eclisse totale non durò neppure un minuto primo (1): per la qual cosa io tenni per più mesi la *Colutea fructescens*, anche in quest' anno, in osservazione; nè potei giammai scorgervi movimento di sorta. Io avviso che nei Convolvoli e nella Calendula del 1842, a meno che non sia intervenuta qualche circostanza cosmica straordinaria non conosciuta, non vi sia stato che un ritardo nell' aprimento della corolla per la accaduta diminuzione e mancanza della luce: nella qual sentenza sono ora condotto dalla osservazione fatta su alcuni fiori, che nella giornata perfettamente serena anticipano di alcuni minuti l' aprimento della loro corolla.

(1) *Annuaire* 1846.

CAPO SECONDO

DELL' AZIONE DELLA LUCE SOLARE NEI COLORI DELLE SOSTANZE ORGANICHE.



Il mutamento di colore delle sostanze pell' azione della luce solare è stato argomento nel trapassato secolo di profonde investigazioni di peritissimi fisici, ed ora dei sigg. Fusinieri e Bizio e Praisser, l' ultimo de' quali pubblicò una interessantissima dissertazione: *Sull' origine e natura delle materie coloranti organiche,* nella quale si fa a stabilire il generale teorema, che le materie organiche ripeter debbono il loro colore da una ossidazione. Questa generale proposizione m' indusse a istituire alcune esperienze sulle sostanze organiche, per riconoscere alla prova dei fatti entro quai limiti sia vera la proposizione del valente Accademico di Rouen. La scienza possiede ella esempii di modificazione di colore, senza alterazione di chimiche proprietà, senza cangiamento di peso. Lo zolfo ne offre una prova ben distinta ne' suoi varii stadii di fusione; e così pure il fosforo bianco, che nella atmosfera di azoto, di gas idrogeno carburato, nel vuoto torricelliano, sotto l' influenza della luce, prende un bel rosso di sangue. Le soluzioni di fosforo nell' olio o nell' etere, esposte all' azione solare, offrono una pronta separazione e il fosforo colorato in rosso. Lo stesso avvien pure nel gas idrogeno fosforato che è decomposto dall' azione del raggio solare. Il fosforo precipitato si presenta allo stato rosso; e la precipitazione non avviene sulle pareti

della campana difesa da un corpo opaco. I fenomeni sono molto più pronti sotto l'influenza del raggio violetto dello spettro, o dei vasi di vetro dello stesso colore. E in tutti questi fenomeni di coloramento, mai aumento di peso, mai alterazioni di chimiche proprietà, come se ne sono convinti, cogli esperimenti i più rigorosi, i Direttori della Biblioteca universale di Ginevra.

E questa azione della luce la volli io esplorare nel vuoto pneumatico, nel torricelliano, e sui petali dei vegetali.

ESPERIMENTO I.

Dell'azione della luce diretta del sole sull' umor porporigeno del Murex brandaris *nel vuoto pneumatico.*

I. Coll'umor porporigeno del *Murex brandaris* ho intriso un fiocco di cotone: lo ho diviso in due parti uguali, collocandone l'una sopra un piano di ottone coperto da una campana, e l'altra parimenti sopra altro piano dello stesso metallo coperto da altra campana: queste due campane, ch'erano di ugual capacità, furono ricoperte di panni neri per difendere l'umor porporigeno dalla luce diffusa. In una di queste campane fecesi il vuoto pneumatico. La pressione di 336 fu ridotta a tre linee e mezzo. Levato dalla pneumatica il piano colla campana, la esposi, contemporaneamente all'altra, in cui l'aria era all'ordinaria pressione, all'azione della luce solare, procurando che rispetto all'azione della luce fossero nelle stesse identiche circostanze. La temperatura all'ombra era di + 21° R. In capo a quattro minuti primi, l'umor porporigeno passò al rosso-violetto. Era bello vedere che i cangiamenti avvenivano simultaneamente nell'umor porporigeno delle due campane. Rimesso alla pneumatica il piano colla campana in cui era stato fatto il vuoto, e tolta la comunicazione tra il provino e l'esterno, e stabilita la comunicazione tra la campana e il provino, io vidi, che la pressione

non salì che a cinque linee; nel quale aumento di pressione dev' essere concorsa l' aria racchiusa entro al provino e al condotto fino alla chiave che toglieva la comunicazione coll' esterno. La campana adunque fu a buona tenuta, durante l' esperimento, e la esperienza fu ripetuta con uguale successo più volte.

Alla luce diffusa e alla temperatura di + 30° R. a + 40° l' umor porporigeno del *Murex brandaris* non oltrepassò il verde neppure nello spazio di due ore e più, e a + 16° e 18° R. neppure in una notte intera. E questo stesso umor porporigeno la mattina alla luce diretta del sole in capo a cinque minuti primi acquistò il rosso-violetto.

Qui ho due fatti indipendenti da qualsivoglia ipotesi o spiegazione: 1.° che sotto le due pressioni di 3 linee e mezzo e 336, il coloramento dell' umor porporigeno nelle due campane avvenne sincronicamente in tutte le sue fasi; 2.° che alla stessa temperatura l' umor porporigeno esposto all' ombra non oltrepassò il verde neppure nello spazio di due ore e più, mentre alla luce diretta del sole si colorì in rosso-violetto nell' intervallo di cinque minuti primi. La luce adunque in questo caso, come è noto in molti altri, opera in un modo suo speciale in confronto del calorico. Io sono molto inclinato a credere che il coloramento dell' umor porporigeno sia effetto della luce, come è quello del fosforo. La simultaneità dei coloramenti di uguale intensità in tanta differenza di pressioni mi è di gravissimo peso. Dico che mi è di gravissimo peso; imperocchè non posso ammettere la possibilità che l' ossigeno dell' aria rarefatta sino alla pressione di 3 1/2 linee, o di 5, produca l' effetto medesimo dell' ossigeno dell' aria alla pressione ordinaria di 336 linee, ed anche contemporaneo ed ugualmente pronto in quattro minuti. E si tratta, come osservò molto avvedutamente il signor Fusinieri, che in quello stato di rarefazione le parti elementari dell' ossigeno, che si suppongono indivise, sono cento volte circa più distanti fra loro che nell' ordinaria densità dell' aria; ed inoltre la somma loro non altro è che 23 per 100 della quantità d' aria rarefattissima contenuta nella campana; essendo azoto il rimanente di 77 per 100. Tutto questo

importa evidentemente che non possa essere nè uguale nè ugualmente pronto qualsivoglia effetto di quella minima quantità di ossigeno anche così diradata, e dell' ossigeno all' ordinaria densità dell' aria.

ESPERIMENTO II.

Dell' azione della luce diretta del sole sui cristalli di Santonina nel vuoto torricelliano.

II. La Santonina, che si estrae, come è noto, dall'*Arthemisia contra santonica,* è altra materia organica, che ingiallisce nel vuoto. Il Liebig scrisse semplicemente, ch'ella prende un color giallo per l'effetto della luce sì allo stato di cristallizzazione che allo stato di dissoluzione (1), e non fa parola dell' influenza dell' ossigeno nel suo coloramento. È il Berzelius che osserva, che allorquando la Santonina ingiallisce sotto l'influenza della luce solare, prova dessa un'alterazione notabile; e che questa alterazione si fa tanto nell' aria che nel vuoto, sott' acqua, sotto l'alcoole, l'etere, e gli olii, ec. ; e conchiude, sembrar che il fenomeno si derivi da una trasposizione de' suoi componenti ; avverte ancora che l' estremità violetta dello spettro solare agisce con maggiore energia sulla Santonina dei raggi rossi (2). E siccome l' illustre Svedese non dice in quale specie di vuoto sia stato sperimentato, così io amai di sottoporre la Santonina al vuoto torricelliano, per veder meglio addentro in questa ricerca. Io feci allestire una canna barometrica, in cui fosse il mercurio più puro bollito nel modo il più perfetto che sappia l' arte. Collocata la canna barometrica entro ad un bagno di mercurio in una posizione verticale, introdussi in essa alcuni cristalli di Santonina, che con una leggera scossa salirono fino a che giunsero alla superficie del mercurio nella camera barometrica. Io esposi allora la canna alla luce diretta del sole, e simultaneamente sopra una carta bianca parecchi

(1) *Chim. Org.;* T. II, pag. 438. Parigi, 1842.
(2) *Idem,* T. III, pag. 152. Brusselles, 1839.

cristalli di santonina. Aveva adunque contemporaneamente cristalli di santonina nel vuoto torricelliano percossi da luce rifratta dalla canna del vetro, che era un po' verdognolo, e cristalli di santonina sotto la pressione ordinaria non coperti da vetro e percossi dalla luce diretta del sole. Questi nello spazio di 12 minuti primi acquistarono un bel giallo citrino; quelli un colorito giallo languido nelle parti che erano percosse dalla luce solare. La temperatura all' ombra era di 21° R., e l' atmosfera purissima. Mi ha colpito la differenza di coloramento; e per vedere, a circostanze uguali, qual mai influenza avere potesse la presenza dell' aria, io ho disfatto prontamente il barometro, e sopra un bagno di mercurio ho collocati alcuni cristalli di santonina, gli ho coperti colla medesima canna di vetro, e gli ho esposti all' azione della luce solare, mentre altri cristalli di santonina sopra carta bianca venivano percossi dalla luce diretta del sole, come nell' antecedente sperienza. Passati 12 minuti primi, il coloramento avvenne nè più nè meno come nella prima esperienza; vale a dire, i cristalli di santonina coperti dalla canna del vetro, leggiermente si colorirono nelle parti percosse dai raggi rifratti; e quelli ch' erano esposti alla loro azione libera acquistarono il giallo citrino il più perfetto. Nel corso di questa esperienza nessun cangiamento atmosferico sensibile. Io mi ho qui lo stesso grado di coloramento, a circostanze d' altronde uguali, nel vuoto torricelliano e sotto la ordinaria pressione atmosferica. Il barometro segnava prossimamente 28 pollici. Non sarà inutile che ricordi, che nell' esperimento del Draper, i finissimi cristalli rossi di fosforo si sublimavano nel tubo dal lato illuminato dalla luce. I nostri studii dunque devono meglio procedere per analisi, se vogliamo che le nostre conclusioni non sieno smentite dai fatti, o per la loro troppa generalità, o per avere attribuito un effetto interamente od anche in parte ad una cagione che doveva ripetersi dal concorso di un' altra. Procediamo per *exclusiones et separationes debitas et super affirmativas tot quot sufficiunt,* come scrivea il Leonardo da Vinci, conchiudiamo. Logiche e necessarie saranno allora le nostre illazioni.

ESPERIMENTO III.

Dell' Influenza della luce rifratta dai vetri colorati sui petali dei fiori.

III. Per mettere in chiaro l'influenza della luce rifratta dai vetri colorati sui petali dei fiori, io ho trascelto la *Viola tricolor*. Nel dì 16 Aprile 1843, sotto i vetri colorati rosso, arancio, giallo, verde, azzurro, indaco, violetto della serra descritta nel Capo I. di queste Ricerche, ho collocati sette individui della *Viola tricolor*, che erano egualmente robusti, alti, ed in istato di fioritura; furono queste piante esposte all' azione della luce rifratta fino al giorno 29 dello stesso mese, e vennero tutte innaffiate alle medesime ore, ove il bisogno il richiedeva.

Nel *rosso*, il petalo inferiore rimase di un violetto languido sfumato, con le cinque linee nere che si conservarono; il giallo un poco si ritirò verso il centro; era appena tangente nell' interno le linee nere. Nei petali laterali non rimase traccia di violetto; ma si conservarono le tre linee nere ben distinte; ed i petali superiori conservarono il loro violetto agli spigoli.

Nell' *aranciato*, il petalo inferiore perdette intieramente la tinta violetta, con ritiramento del giallo verso del centro. Le linee nere erano isolate su di un fondo bianco. I petali laterali imbianchirono; e delle tre linee nere non ne rimase che la centrale. I petali superiori conservarono la loro tinta violacea.

Nel *giallo*, scoloramento del petalo inferiore surrogato dal bianco, con traccia appena sensibile di giallo verso del centro: le cinque linee nere rimasero tuttavia visibili, ma era smunto il loro colorito. I petali laterali intieramente bianchi; ma conservarono due linee nere: la centrale, cioè, e la superiore; ed i petali superiori si mantennero nella loro tinta violacea.

Nel *verde*, il petalo inferiore senza violetto agli orli; nel resto

pressochè nello stato naturale. I petali laterali intieramente bianchi colle tre linee nere ben distinte. I petali superiori divennero di un color porpora carico.

Nel *turchino,* il petalo inferiore divenne di un color violetto assai languido ; il giallo si ritirò verso del centro, e si mantennero le linee nere. I petali laterali conservarono solo una leggerissima tinta agli orli, ed i petali superiori divennero di un porpora carico. Consimili al tutto i fenomeni furono nel violetto.

Io non credo che questi effetti sul colore dei petali si debbano ripetere da una azione puramente chimica, dappoichè variando gli sperimenti ho trovato modificarsi le tinte più o meno secondo lo stato cachetico della pianta. È un' azione chimico-vitale, come è un' azione chimico-vitale il vario coloramento delle parti de' vegetali. Qui non si tratta di ossidazione e di disossidazione comune, come volle il Preisser. « Le variazioni così diverse, scriveva alla pag. 73, che ne presentano i fiori, che passano le une alle altre con tanta facilità al contatto dell'aria, non sono ad evidenza che effetti dovuti all'azione dell'ossigeno sul succo da principio incoloro, che circola negli organi. Molti fiori si aprono che sono bianchi o rossi, i quali poscia divengono azzurri al contatto dell' aria. Altri ancora sono candidi prima che si dischiudano, e prendono un colore giallo mano a mano che si aprono, e finiscono, appassendosi, coll' acquistare tinta bruna. In tutti i fiori, la colorazione è sempre più pronta ed intensa alla circonferenza che al centro, sugli orli che alle unghie dei petali, vale a dire colà dove l' azione dell' aria e della luce è maggiore. Egli è dunque verisimile, come osserva Virey, che l' ossidazione dei succhi si effettui verso la circonferenza dei petali più prontamente che al centro pollinico dei fiori, e che il loro colore giallo debba essere meno ossigenato, che le tinte rosse e azzurre e le variazioni che li circondano. » Ma questo modo di ragionare non risponde a tutti i fatti della natura. Io mi limito ai miei esperimenti. Sotto il vetro verde ho ritrovato che il petalo inferiore di un individuo della *Viola tricolor* conservava il suo colore nelle parti centrali e non

agli orli, e che in tutti il colore giallo svaniva dal centro alla periferia; ma sotto il turchino i petali laterali conservavano solo una leggerissima tinta agli orli. Qui non vi è regola costante, come dovrebbe essere, se si trattasse di una pura chimica azione. Anzi nel medesimo fiore sotto l' influenza del medesimo raggio vi sarebbe ossidazione e disossidazione. Nel turchino e nel verde, ossidazione pei petali superiori, che divennero di un porpora carico, e disossidazione pei petali laterali, che sotto il turchino perdettero parte della loro tinta, e tutta sotto del vetro verde. Questi fenomeni sono per me molto più complessi di quello che altri per avventura non crede. Nei puri fenomeni chimici per ogni singola sostanza trovo modi costanti di azione. Così, pel miscuglio di cloro e d'idrogeno, come ebbe a scoprire il Draper, è l' indaco che produce il massimo effetto chimico, al quale per ordine decrescente tengon dietro il violetto, il verde, il giallo, l' aranciato e il rosso. Ma un ordine costante non si osserva nei varii fiori della medesima specie, anzi neppure nelle diverse parti del medesimo fiore. Bisogna qui ricorrere alla diversa elaborazione dei succhi che si compie nelle varie parti degli organi viventi. E in questo modo io interpreto il bellissimo sperimento di Preisser, eseguito sui gambi dell' *Impatiens parviflora* immersi in una dissoluzione di solfato indigotico puro. Essi allorchè erano privi delle loro radici si coloravano in azzurro, e allorchè avevano le loro radici, rimanevano incolori, e solo si coloravano i petali. Preisser ebbe a vedere che la superficie della dissoluzione di solfato indigotico a contatto dell' aria presenta una zona azzurrina, gli strati sottoposti essendo incolori, e quelli vicini alla radice di una tinta tendente leggiermente al verdastro. Preisser qui vede immantinenti azione ossidante alla superficie, azione disossidante nelle radici, e nuova azione ancora ossidante nei petali. Io in quella vece posso vedere alla superficie, negli strati vicini alla radice e nei petali, una inversione nella posizione ordinaria degli elementi, analoga a quella che opera la luce diffusa e diretta del sole e l' alcoole sulla santonina, inversione che viene distrutta dall' azione delle basi, che rimettono nella loro posizione ordinaria gli elementi.

Godo poi senza fine che anche l' illustre sig. professore Preisser abbia riconosciuta l' efficacia degli spigoli come ha già discoperto il Fusinieri, e sulla quale scrissero il Dal-Negro, il Bizio, il Selmi ed altri. Nelle soluzioni della brasilina, santalina, carminio, morina e fustina, il coloramento agli orli fu sempre più vivo ed intenso. Molto ancora rimane a conoscersi sugli effetti della luce e del calorico nelle chimiche azioni. Il Fusinieri ha dimostrato trasporto di materia pesante nel calorico. Avviene ancora nel calorico e nella luce quello ch' ebbe a dimostrare il Fusinieri rispetto all' elettrico? Che il calorico e la luce attraversando un corpo depongano delle sostanze trasportate, e ne prendano di quelle de' corpi che traversano? Ove fosse ben dimostrata questa proposizione, qual nuovo campo mai d' investigazioni non si aprirebbe al fisico e al chimico? Molti fenomeni del Melloni, del Moser, dell' Herschell, dell' Hunt e del Draper riceverebbero una pronta e facile spiegazione. Vedrebbesi allor chiaro perchè una carta impregnata di cloruro d' argento prenda all' azione del raggio solare colore diverso, secondo che ha attraverso una soluzione di solfocianato rosso di ferro o una soluzione di solfato di rame e di ammoniaca o il bicromato di potassa, per cui nel primo caso si colora in rosso di terra cotta, e nel secondo in azzurro bruno, e nel terzo in giallo pallido. E tale io credo che sia il mezzo per ottenere immagini eliopolicromatiche. Continuiamo a sperimentare, comunichiamoci reciprocamente i nuovi risultamenti, diamoci mano scambievole, sorreggiamoci amichevolmente ne' nostri errori, ed il progresso sarà più pronto e sicuro. Sorga questa nuova era pella scienza e pei dotti!

CAPO TERZO

DEI RISULTAMENTI OTTENUTI DA UNA NUOVA ANALISI DELLO SPETTRO LUMINOSO.



Allorchè si ha tutta l'attenzione di avere uno spettro purissimo, allorchè la divergenza e la larghezza del fascetto incidente sono le più piccole che sia possibile, allorchè il prisma è perfetto e lo spettro assai allungato per sottoporlo ad un esame rigoroso in tutte le sue parti, si osservano nuovi fenomeni, che la prima volta furono pubblicati dal sig. dottor Wollaston nelle Transazioni Filosofiche del 1802. Furon dessi esaminati di nuovo in tutti i loro particolari con una sottigliezza scrupolosissima, propria di un ingegno eminente assistito da istrumenti i più perfetti, dal celebre Fraunhofer, l'immatura morte del quale tuttavia si deplora dagli amici della scienza (1). Ma si ha tutto il fondamento a credere, che non sia venuta a conoscenza di Fraunhofer la Memoria di Wollaston, onde gli rimane intiero tutto il merito della sua scoperta, che noi amiamo qui riferire colle stesse sue parole :

I. « In una camera oscura e per una apertura stretta e verticale di una imposta, della larghezza circa di 15 secondi e di una altezza di 36 minuti, si facciano entrare dei raggi solari sur un prisma di *flintglas*

(1) Brewster, *Treatise on optics*, pag. 85 ; Londra, 1831 ; Herschel, *Traité de la lumière ;* T. I, pag. 222 ; Parigi, 1829.

collocato sur un teodolite. Questo apparato venne posto alla distanza dall' imposta di 24 piedi, e l' angolo del prisma era presso a poco di 60.° Collocai il prisma davanti l' obbiettivo della lente del teodolite, in modo che l' angolo del raggio incidente risultasse uguale all' angolo del raggio emergente. Cercando se vi avesse nello spettro della luce del sole una linea *(raie)* luminosa, tale quale trovasi nello spettro formato dalla luce di una lucerna, io vi ho discoperto, in luogo di questa linea, una infinità di linee verticali di differente grossezza. Queste linee sono più intense di tutto il restante dello spettro, e talune di esse appaiono intieramente nere. Quando il prisma si aggira in moda che l' angolo d' incidenza divenga più grande, queste linee spariscono. Il che succede ugualmente, dove si faccia quest' angolo più piccolo. Se il cannocchiale si raccorcia notabilmente, queste linee ricompariscono sotto un angolo d' incidenza maggiore. A un angolo d' incidenza più piccolo, l' oculare deve essere sommamente allungato, perchè queste linee sieno visibili. Se l' oculare fu collocato al punto da vedersi con distinzione le linee nel rosso dello spettro, bisogna un po' variare la distanza focale per vedere le linee nel violetto. Se si allarga l' apertura d' ingresso dei raggi, le linee le più sottili non sono più distintamente visibili, e svaniscono intieramente, allorchè la larghezza di questa apertura diviene all' incirca di 40 secondi e più. Allorchè l' apertura è maggiore di un minuto, le linee le più larghe non vengono percepite che a stento. Le distanze di queste linee o il loro rapporto rispettivo non prova alcun cangiamento, nè per quello dell' apertura dell' imposta, nè per l' allontanamento del teodolite da questa apertura. La sostanza rifringente, della quale il prisma è formato, e la grandezza del suo angolo, non impediscono di distinguere sempre queste linee ; esse divengono solamente più forti o più deboli, e riescono per conseguente più o meno distinte in ragione della grandezza dello spettro. Il rapporto stesso di queste linee fra di loro sembra sia adesso il medesimo per tutte le sostanze rifringenti. Gli spettri formati dai fasci ordinarii e straordinarii dello spato d' Islanda rappresentano le medesime linee. Le linee le più forti non confinano i

varii colori dello spettro, perchè il medesimo colore si trova pressochè sempre ai due lati di una linea, e il passaggio di un colore all' altro è appena sensibile. La figura 2 della mia tavola I rappresenta lo spettro colle linee quali vennero disegnate da Fraunhofer (1). Egli è impossibile di rappresentare in queste dimensioni tutte le linee e le modificazioni della loro grandezza. In A finisce presso a poco il rosso, in I il violetto dello spettro; da ciascun lato non si possono frattanto assegnare con sicurezza i confini, che si mostrano più distintamente dal lato del rosso, che del violetto. Se la luce di una nube illuminata entra per la stretta apertura dell' imposta sul prisma, lo spettro pare essere limitato da un lato tra G ed H e dall' altro in B. Frattanto la luce del sole di una somma intensità, riflessa da un eliostata, allunga lo spettro quasi della metà. Ma per osservare sì grande estensione, la luce tra C e G non dee colpire l' occhio, perchè l' impressione della luce, che proviene dagli orli dello spettro, è troppo debole per l' occhio, ed è annientata dalla luce che procede dal mezzo dello spettro. In A si ravvisa distintamente una linea ben terminata; e questo tuttavia non è il limite del rosso, che si estende ancora al di là. Sopra *a* si trova un ammasso di linee, formanti insieme una zona più forte della parte vicina. B risulta ben distinta e di uno spessore assai considerabile. Da C in D si contano nove linee dilicatissime e benissimo conterminate. La linea C è molto grossa e nera come B. Fra C e D si trovano presso a poco 30 linee finissime, che, ove se ne eccettuino due, non possono essere percepite se non con un forte ingrandimento o con prismi di una grande dispersione; esse sono del resto ben terminate. La qual cosa pure si osserva nelle linee tra B e C. D è formata da due forti linee, separate da una linea chiara. Fra D ed E s' incontrano circa 84 linee di differente grossezza. E è formata di più linee, delle

(1) *Détermination du pouvoir réfringent et dispersif de différentes espèces du verre, recherches destinées au perfectionnement des lunettes achromatiques, par Jos. Fraunhofer à Muniche. — Astronomische Abhandlungen herausgegeben von H. C. Schumacher;* Altona, 1832, Tab. II, fig. 5.

quali quella di mezzo è la più grossa. Da E in *b* sono presso a poco 24 linee. In *b* si veggono tre linee assai forti, delle quali due separate da una linea fina e chiara; esse vanno poste nel numero delle più forti dello spettro. Lo spazio *b* F racchiude presso a poco 52 linee; F è assai grossa. Fra F e G si annoverano circa 185 linee di grossezze differenti. In G sono ammassate molte linee, delle quali molte riescono ragguardevoli per la loro grossezza. Da G in H si contano pressochè 190 linee diverse. I due fasci in H mostransi di una singolare natura, essi appariscono tutti e due pressochè uguali e formati di molte linee, nel mezzo delle quali se ne trova una forte sommamente nera. Da H in I ve ne sono ugualmente in gran numero. Dall' esposto ne segue, che il numero di queste linee che trovansi nello spazio BH è di circa 574. Le distanze rispettive delle linee più forti furono misurate mediante il teodolite e riportate sul disegno dopo le osservazioni. Soltanto le linee deboli e di una minore importanza nell' originale figura di Fraunhofer vi furono disegnate coll' aiuto della semplice vista e senza immediata misura. Da questa accurata descrizione, che porta l' impronta di un osservatore il più diligente e sottile, appare, che Fraunhofer determinò:

1.° *La grandezza dell' angolo d' incidenza, perchè le linee sieno visibili. Egli deve essere uguale all' angolo del raggio emergente;*

2.° *Le linee possono essere visibili sotto un angolo maggiore o minore, accorciando notabilmente o allungando il cannocchiale;*

3.° *Le linee le più sottili si rendono invisibili all' ingrandirsi dell' apertura al di là di 40″; e le più larghe si percepiscono a stento coll' apertura di un minuto;*

4.° *Le distanze di queste linee non variano al variare della grandezza dell' apertura e della distanza del teodolite;*

5.° *La sostanza refringente, della quale è formato il prisma, e la grandezza del suo angolo, non influiscono che sulla intensità delle linee, e non sulla loro distanza;*

6.° *Le linee le più forti punto non istabiliscono i confini delle zone colorate dello spettro.*

Fraunhofer si avvisa che la causa di queste linee è nella natura della luce del sole, e che non devono attribuirsi nè ad illusione, nè ad aberrazione, nè ad altra cosa. Egli poi rende ragione a questo modo della poca o niuna visibilità delle linee coll' aumento dell' apertura. Le linee le più grosse occupano presso a poco uno spazio di 5 a 10 secondi. Se l' apertura del porta-luce non è tale che la luce, che le attraversa, non possa, per così dire, essere riguardata come un raggio solo, o se l' angolo della larghezza dell' apertura è più grande di quello della larghezza della linea, allora l' immagine della medesima linea si projetta più volte l' una presso l' altra, diviene per conseguente poco distinta e dispare intieramente con una maggiore apertura.

Collo stesso apparato osservò Fraunhofer il pianeta Venere, senza far passare la luce per una piccola apertura. Egli ritrovò nello spettro di questa luce le medesime linee, che osservò nella luce solare. Quelle di Venere sono tuttavia poco intense, anche in confronto della luce solare riflessa da uno specchio. I raggi violetti e rossi esteriori sono debolissimi; per questa ragione non si percepiscono che a stento anche le linee le più forti in questi due colori. Fraunhofer vide le linee D, E, *b*, F assai bene determinate; e conobbe parimenti che quelle in *b* sono formate da due, cioè una più sottile ed una più grossa. La debolezza della luce impedisce di vedere che la più forte di tali due linee formasi ancora da due altre; motivo questo per cui le altre linee più delicate e sottili non possono essere ben distinte. Con una misura approssimativa degli archi DE, e DF riconobbesi che la luce di Venere, sotto questo rapporto, è della stessa natura di quella del sole.

Col medesimo apparato ha Fraunhofer ugualmente osservata la luce di alcune stelle fisse di prima grandezza. Egli vide che la luce di Sirio presenta alcune linee nere larghe, che non hanno rassomiglianza con quelle del sole. Esse sono in numero di tre, una delle quali sta nel verde, e due nel turchino. Discoperse pure varie linee nello spettro della luce di altre stelle di prima grandezza; ma queste stelle parvero, in relazione a queste linee, essere differenti fra di loro.

Colla stessa mira di verificar se v'abbia identità assoluta tra la luce del sole e tutte le altre luci naturali o artificiali, sottopose Fraunhofer all' esperimento la luce elettrica e la luce di una lampada. Ebb' egli a vedere che la luce elettrica fornisce, in luogo di linee nere, linee in parte assai chiare, delle quali l'una nel verde, in confronto delle altre parti dello spettro, parve brillantissima; un' altra linea meno brillante vide Fraunhofer nell' aranciato; gli parve essere del medesimo colore di quella di uno spettro formato dalla luce di una lampada; se non che, misurando l'angolo di rifrazione, ritrovò che la sua luce è rifratta molto più fortemente; presso a poco come i raggi gialli della luce di una lampada. Verso l' estremità dello spettro, distinse egli nel rosso una linea poco chiara, la luce della quale tuttavia offerse la medesima rifrangibilità di quella della linea chiara della luce di una lampada. Nel resto dello spettro notò ancora quattro altre linee assai chiare.

Facendo entrare Fraunhofer la luce di una lampada per una apertura di 15 a 30 secondi, e cadere sur un prisma di grande potere dispersivo, collocato davanti il cannocchiale, vide che la linea rossiccia di questo spettro è formata da due linee chiare assai precise, uguali in grossezza e in distanze alle due linee nere D dello spettro solare. Egli è necessario alla facile e distinta visione di questa linea, che la punta della fiamma e la estremità turchina inferiore non rimangano occultate; egli pare che questa linea tragga la sua origine principalmente dalle due estremità della fiamma, e massime dall' inferiore. La linea rossiccia è, in ragione delle altre parti dello spettro, assai chiara negli spettri della luce prodotta dalla fiamma del gas idrogeno e dell' alcoole. Nello spettro della fiamma di zolfo, l' immortale artista di Monaco con grande difficoltà l' ebbe a distinguere. Mercè tali osservazioni, il Fraunhofer ha stabilito alcuni caratteri di distinzione fra le diverse luci naturali o artificiali, ed aperse vastissimo campo a nuove recondite investigazioni, alle quali si applicarono precipuamente Brewster, Faraday, Talbot, Müller, Daniell, Herschel ed Ermann. Questi fisici eminenti, dei quali con altri molti va gloriosissimo il secolo nostro, arricchirono di nuove

importantissime verità la scienza. A due ricerche in ispecie diressero essi i loro studii: alle fiamme colorate, ai diversi gas attraverso i quali fecero passare la luce. Faraday ha osservato, come fece vedere a Talbot ed a Quetelet, che la fiamma del cianogeno, quando viene osservata attraverso una stretta apertura, presenta dessa una tinta di porpora conterminata da un giallo verdognolo. Allorchè la si osserva attraverso un prisma, ella forma uno spettro diviso in una maniera tutta affatto particolare in diverse parti conterminate da varie zone oscure; queste zone dividono assai uniformemente l' estensione dello spettro, e le parti luminose presentano presso a poco la stessa intensità di chiarore.

La fiamma del foco rosso, che si usa in teatro prodotta dalla combustione del nitrato di stronziana, offre due tinte rosse brillanti. Lo spettro che dessa forma col mezzo del prisma porge numerosissime soluzioni di continuità; ma la circostanza più notabile è la formazione di una linea oltremodo brillante di un turchino vivo e assolutamente distinta da tutto il resto. La fiamma del potassio, che brucia nello iodio somministra uno spettro di una forma singolarmente notevole. Queste due esperienze sono dovute al sig. J. Herschel, che le ebbe a comunicare al sig. Quetelet. La fiamma prodotta dai sali di calce, che è di un rosso di terra cotta, dà uno spettro in cui osservansi una linea gialla e una bella linea verde. La maggior parte dei combustibili formati d' idrogeno e carbonio, come il sevo, l' olio, la carta, l' alcoole, danno fiamme azzurre allorquando si accendono, e la combustione è ancora imperfetta. Ricevuta la luce di queste fiamme attraverso una apertura stretta e decomposta da un prisma, fornisce spettri discontinui consistenti, per la maggior parte, in linee strette di una rifrangibilità assai limitata, e separate da larghi intervalli interamente neri o molto più oscuri di tutto il restante dello spettro. I colori ivi predominanti sono il giallo, assai ristretto; il verde giallognolo, il verde smeraldo, l' azzurro pallido e molto violetto (1).

(1) Herschel, *Traité de la lumière;* T. I, pag. 316; Parigi, 1833.

Da tutti questi fatti, e da parecchi altri che noi potremmo addurre, raccogliamo che le linee attraversanti gli spettri, variano in numero, in posizione, grandezza e tinta, a seconda della sorgente dalla quale emana la luce. Cosiffatta scoperta, la quale aperse un vastissimo campo a nuove investigazioni, sì dal lato teoretico, che dal lato pratico delle tecniche applicazioni alla costruzione dei telescopii acromatici, come anche alla determinazione di tutti i dati ottici, che dipendono dalla luce colorata, sollecitò i fisici ad osservare l'influenza dei varii mezzi, che vengono attraversati dai raggi luminosi.

Davidde Brewster nel 1832 annunziò la scoperta di una serie di linee fisse prodotte dal passaggio della luce nel gas nitroso. Ed il prof. Müller ha comunicato all'assemblea dell'Associazione Britannica a Cambridge i risultamenti di consimili esperienze ch' egli fece con Daniell. In questi esperimenti, la luce di una lampada a gas, dopo avere attraversato un vaso ripieno di vapore sottoposto all' esame, fu resa convergente sopra una linea focale, interponendo un tubo ripieno d'acqua: la linea luminosa così ottenuta venne poi esaminata attraverso un prisma, coll' aiuto di piccola lente sospesa allo stesso prisma, in tal posizione, che i raggi incidenti ed emergenti avessero a fare angoli uguali colla prima e seconda faccia del prisma. Allorchè l'aria del vaso fu leggiermente colorata dal vapore di bromo, videro i due illustri sperimentatori la totalità dello spettro disseminata da più di cento linee distribuite ad uguale distanza le une dalle altre. Non isfuggì alle loro investigazioni, che allorquando il vapore diviene più denso, l'estremità dello spettro dispare, e che le linee riescono più forti nella parte rossa. Fatta attraversare la luce dal vapore d'iodio distinsero una serie di linee equidistanti, simili esattamente a quelle che furono prodotte dall' influenza del vapore di bromo; analogia, osserva dottamente Quetelet, nuova e inaspettata fra tali due sostanze La densità del vapore d'iodio non parve ai sagaci sperimentatori, che avesse menomamente influenza sensibile sull' ampiezza visibile dello spettro e sulla larghezza delle linee. Tuttavia osserva ora A. Ermann,

che sotto le circostanze di pressione e di temperatura, i vapori dello iodio e del bromo operano ugualmente una triplicazione del fascetto primitivo e l' interferenza composta che ne deriva (1). Facendo i due fisici Müller e Daniell passare la luce attraverso il vapore del cloro, videro sparire l' estremità azzurra dello spettro, senza che potessero osservare l' apparizione di alcuna linea. Questa osservazione non deve guidarci, come riflette Quetelet, a conchiudere in generale la mancanza delle linee, perchè nella circostanza, nella quale i due ricordati fisici sperimentarono, l' apparato non si ritrovava nelle condizioni migliori. Il vapore di euclorina produsse un dato numero di linee larghe, ma ad intervalli irregolari, e solamente nella parte dello spettro, che è estinta dal cloro. Niuna linea produsse il vapore dell' indaco; e quanto alla piccola differenza, che corre tra la temperatura alla quale l' indaco si decompone, e quella alla quale volatilizza, rende difficile il poter ottenere copia sufficiente di vapore per averne decisivi resultamenti in caso consimile (2).

II. Herschel, dopo aver descritti diligentemente, nel suo eccellente *Trattato della luce*, gli esposti fenomeni, così si fa a dire della loro cagione: prendendo le mosse da un punto di vista più generale di quello di Fraunhofer, che aveva riposto l' origine delle linee, come abbiamo riferito, nella natura della luce solare, noi siamo condotti ad attribuirli a cagione ancora sconosciuta, che fa sì che tal raggio sia, a preferenza di tal altro, assorbito. Egli non è impossibile che i raggi mancanti nella luce del sole o delle stelle sieno assorbiti dall' atmosfera di questi astri; o, se noi risaliamo all' origine stessa della luce, si può concepire che tal raggio colorato sia estinto durante l' atto stesso della

(1) *Sur la loi de l' absorption de la lumière par les vapeurs de l' iode et du brome, Note de M. A. Ermann à M. Arago, Comptes Rendus hebdomad. des séances de l'Académie des sciences*, T. XIX, pag. 830; Parigi, 1844.

(2) *Supplément au Traité de la lumière de Sir J. F. W. Herschel, par A. Quetelet*, pag. 454.

trasmissione per un poter assorbente intensissimo, che risiederebbe nella molecola stessa, dalla quale emana. In una parola, la medesima disposizione molecolare, che fa sì che un corpo assorbente non lasci passare un tal raggio colorato attraverso o a lato di lui, può costituire un ostacolo *in limine* alla produzione di questo raggio. Checchè ne sia, conchiude Herschel, i fenomeni sono perfettamente conosciuti, ancorchè noi non li possiamo spiegare in una maniera satisfacente (1).

Davidde Brewster, nel suo Rapporto letto alla seconda assemblea generale della Associazione Britannica intorno ai recenti progressi dell' ottica, pensa che la luce originale del sole sia continua da una estremità dello spettro visibile all' altra, e che i raggi che mancano sieno assorbiti dai gas sviluppati dalla stessa combustione che genera la luce. Questa sentenza la trovo abbracciata da Ermann nella Memoria che abbiamo più sopra riferita. Le linee nere scoperte da Fraunhofer, dice A. Ermann, nello spettro della luce solare, e quelle che Brewster ha fatto conoscere nello spettro di una luce qualunque che attraversò l' acido nitroso, hanno assai probabilmente la medesima origine. Ma bisogna ammettere che, tanto nel passaggio dell' atmosfera, che sarebbe la causa del primo di questi fenomeni, come nel passaggio per l' acido nitroso, il fascetto primitivo si separi in più di due porzioni, ciascuna delle quali sia diversamente ritardata. Non ammette tuttavia Ermann questa sentenza, se non quale semplice ipotesi, che gli sembra doversi all' altra preferire.

Ma qualunque sia il modo della generazione di queste linee oscure, prosegue Brewster nel citato Rapporto, egli è evidente, che nel tempo stesso, ch' esse sono del più grande valore, perchè danno alcuni punti fissi nello spettro, rendono la luce del sole assolutamente impropria agli esperimenti sull' assorbimento. Noi non possiamo, per esempio, esaminare l' azione dei mezzi assorbenti sopra alcuno dei 574 raggi, che, secondo le osservazioni di Fraunhofer, mancano; e non vi ha

(1) *Traité de la lumière*, T. I, pag. 303.

mezzo di riconoscerli coll' esame separato negli spettri di queste fiamme artificiali bianche, nelle quali esistono tutti. Questa difficoltà non fu meno compiutamente tolta dalla scoperta, che si è fatta recentemente di una sostanza gasosa, che produce più linee oscure negli spettri delle fiamme ordinarie; e rende così la luce artificiale più propria di quella del sole alla determinazione dei dati ottici, nel medesimo tempo che ci mette in istato di studiare l' azione dei corpi materiali su tutti i raggi mancanti della luce solare. Io ho fatta menzione di questa esperienza allo scopo di far conoscere la sua importanza in ciò che spetta alle due teorie rivali della luce. Nella ipotesi newtoniana della emissione, il fatto può essere spiegato in tal modo: Quando un fascio di luce bianca viene trasmesso attraverso una data grossezza di gas particolare, un migliaio di porzioni diverse di siffatto fascetto arrestasi nel proprio passaggio in virtù di una azione specifica esercitata sopra di essa dagli atomi materiali del gas; azione che è potentemente secondata dalla semplice applicazione del calorico. Si concepisce assai bene una simile affinità specifica fra gli atomi distinti ed i raggi definiti, ancorchè non ci fia dato determinarne la natura; e possiamo renderla più facile ad ammetterla, arrischiando la conghiettura, che le particelle della luce stessa sieno identiche colle ultime molecole dei corpi; e che gli atomi simili di due parti possano riunirsi di nuovo, quando sono esse ricondotte nella sfera delle loro attrazioni reciproche. Nel linguaggio della teoria delle ondulazioni, i medesimi fatti possono essere spiegati in questa maniera. Migliaia di onde differenti, o raggi di luce, di velocità o rifrangibilità diverse, sono incapaci di propagare le ondulazioni attraverso l' etere di un gas trasparente, mentre che tutte le onde o raggi di velocità e rifrangibilità intermedie sono liberamente trasmessi attraverso il medesimo mezzo. Vale a dire, un' onda di luce rossa e un' altra onda della medesima luce, larga della 252 milionesima parte di pollice, sono in istato di trasmettere liberamente varie vibrazioni attraverso i gas, mentre che un altro raggio rosso, formante la 251 milionesima parte di pollice, è atto a produrre vibrazioni che sono

interamente arrestate dal mezzo. Ei non trovasi fatto analogo a questo nei fenomeni del suono, e non si può immaginare un semplice mezzo elastico modificato dalle particelle de' corpi che contiene, in modo da formare una scelta sì straordinaria nell'onde che arresta e che trasmette. E valga il vero, possiamo supporre che l'etere sia un mezzo composto, consistente in altri mezzi, dei quali le molecole sono gli ultimi atomi della materia, e che quindi le ondulazioni del medesimo etere nei corpi trasparenti siano in un modo o in altro affetti dalla affinità degli atomi simili nell' etere e ne' corpi refringenti. Ma a questo modo non si fa che spostare la difficoltà, e la produzione di un consimile sistema di raggi mancanti per l'azione di un mezzo gasoso, presenta una difficoltà formidabile nella teoria delle ondulazioni. Qualunque sia l' ipotesi destinata a comprendere ed a spiegare questa classe di fenomeni, il fatto che io ho ricordato apre un vasto campo di ricerche. Coll' aiuto dei gas assorbenti, possiamo studiare, colla precisione la più dilicata, l' azione degli elementi dei corpi in tutte le loro varie combinazioni, sui raggi luminosi definiti e facilmente riconoscibili, e possiamo eziandio scoprire curiose analogie fra le loro affinità e quelle che producono le linee fisse negli spettri delle stelle. Frattanto, l' apparato richiesto per applicarsi con successo a simili ricerche, non può essere impiegato negli appartamenti ordinarii. Si ricercano assolutamente lenti di un gran diametro, eliostati ben fatti, telescopii di amplissima apertura; e con mezzi ausiliarii si potranno costruire apparati ottici, la mercè dei quali saremo in istato di osservare i raggi mancanti negli spettri di tutte le stelle fisse, fino a quelle della *decima* grandezza, e studiare gli effetti della reale combustione che diffonde luce d' intorno ai soli degli altri sistemi. »

Da tutto questo egli è manifesto che, per generale consentimento dei fisici, nello spettro non esistono fuorchè linee trasversali nella sua lunghezza; che queste linee sono fisse; e che tuttavia non convengono i dotti nell' assegnare la causa di siffatto fenomeno. Io non trovo che nella sopra ricordata Memoria di Ermann un semplice cenno di linee

trasversali che ottenne, facendo passare la luce attraverso i vapori di iodio e di bromo; ma egli, anzichè formarne oggetto di studio, cercò di diminuirle o di evitarle, siccome quelle ch' egli credette derivarsi da particolarità dei corpi opachi e da parecchi difetti dei vasi, i quali contenevano gli assorbenti. *Le dernier mode d' éclairage, est cependant préférable, en ce qu' il amoindrit les stries horizontales dues à des endroits opaques ou à d' autres défectuosités accidentelles des vases qui renferment les absorbants.* I resultati poi che n' ebbe, avvisò egli che procedessero dall' interferenza. « I colori, egli dice, che prende la luce bianca passando pei vapori di iodio o pei vapori di bromo, sono dovuti all' interferenza. Questa interferenza è nei due casi del genere, che io proposi di chiamare *interferenza semplice*, vale a dire, ch' ella risulta dalla separazione del fascetto primitivo in due fascetti soltanto. Dopo il passaggio attraverso l' iodio, il ritardo dell' uno dei due fascetti sull' altro è di 329 semi-ondulazioni di un raggio, di cui l' indice di refrazione nel *flint* è di 1,63208. Ridotto al movimento della luce nel vuoto, questo ritardo equivale ad un intervallo di 0,04366 di linea della tesa del Perù, o a $0^{mm},09849$. Dopo il passaggio per i vapori di bromo, il secondo fascetto è in ritardo di 341 semi-ondulazioni d' un raggio sul primo, l' indice di rifrazione per il *flint* è di 1,63246. Ridotto al movimento della luce nel vuoto, questo ritardo equivale ad un intervallo di 0,04509 di linea della tesa del Perù, ossia a $0^{mm},10172$. » Nel passaggio del raggio luminoso attraverso il gas nitroso, Ermann avvisò che il fascetto primitivo si separi in più di due porzioni, ciascuna delle quali sia differentemente ritardata.

III. Tale era lo stato della scienza, allorchè io mi diedi, nel 1846, allo studio di sì dilicatissimi e interessanti fenomeni, che pare sieno i migliori forniti dalla scienza per confrontare le luci derivanti da varie sorgenti e l' azione loro reciproca colla materia che diciamo pesante. Io descriverò impertanto l' apparato del quale feci uso, i risultamenti ai quali pervenni, e le deduzioni che io ricavai delle mie esperienze.

L' apparato è semplicissimo. Consiste in un porta-luce munito di uno specchio bianco, di una fenditura rettilinea verticale dell' altezza di $0^m,045$, che a piacere può essere allargata e ristretta ; di un prisma di *flint* purissimo, equilatero del lato di $0^m,031$, e dell' altezza di $0^m,07$, collocato coll' asse normale all' orizzonte ; il sostegno del prisma, porta una buona lente convessa della distanza focale di $2^m,06$, che si dispone innanzi al raggio rifratto dal prisma in modo, da aversi lo spettro projettato sur un piano bianco il più chiaro e distinto. La distanza della lente dall' asse del prisma è di $0^m,045$; e la sua apertura è di $0^m,055$. La disposizione di tutte queste parti è rappresentata dalla figura 3 della tavola I.

Io mi feci da prima a ripetere gli esperimenti di Wollaston e di Fraunhofer ; e non durai molta fatica a projettare le linee trasversali alla lunghezza dello spettro solare in un modo il più chiaro e distinto.

Wollaston, che risguarda lo spettro solare come composto dei raggi rosso, verde, azzurro e violetto, riferisce che questi colori sono ben terminati senza gradazioni sensibili fra di loro, e di una tinta presso a poco uniforme in tutta la loro ampiezza. Egli ritiene come un miscuglio di rosso e di verde la sottile linea di giallo che vide interposta ai due anzidetti colori. Osservando questo dotto colla nuda vista attraverso un prisma un filetto di luce dell' atmosfera, che faceva passare per una stretta apertura, potè notare sette linee nere, ch' egli nominò colle lettere A, B, f, C, g, D, E, la prima delle quali forma il limite estremo dei raggi rossi, e l' ultima il limite estremo dei raggi violetti. La corrispondenza fra queste linee e quelle di Fraunhofer fu stabilita da Brewster, non senza qualche difficoltà, nella maniera seguente :

A, B, f, C, g, D, E linee di Wollaston
B, D, *b*, F, G, H linee di Fraunhofer.

Osserva Brewster, che non esiste una sola linea nel disegno dello spettro dato da Fraunhofer, nè nello spettro da lui osservato, che

coincida colla linea C di Wollaston, la quale, come dice lo scopritore, gli apparve ugualmente distinta delle altre; Brewster afferma tuttavia aver ritrovato che questa linea C corrisponde a un numero di linee collocate ad uguale distanza fra *b* ed F, che per l' assorbimento della atmosfera sono particolarmente visibili nella luce del cielo presso dell' orizzonte. Per vedere le linee B ed H di Fraunhofer, e soprattutto l' ultima, il raggio della luce dell' atmosfera di Wollaston, è stato necessario prendersi in una parte di cielo assai vicina al disco solare. Herschel ancora dichiara aver egli osservata con distinzione la zona giallo-pallida di Wollaston. Però io non conosco, che l'insieme di tutte le osservazioni riferite da Wollaston, sullo spettro da lui descritto, sia stato pienamente confermato da alcun fisico; anzi Herschel stesso dichiara essere riuscita impossibile per lui la verificazione del fenomeno dei colori bene conterminati senza gradazioni sensibili fra di loro e di una tinta presso a poco uniforme in tutta la loro estensione. In tanti esperimenti ch' egli istituì, osservò sempre le tinte sfumarsi per gradi insensibili nel loro passaggio dall' una all' altra, ed i limiti trovarsi sì da vicino da non poterli determinare con tutta precisione. Non fu che nelle mie osservazioni del 22 Agosto del 1846, ad un' ora pomeridiana, che abbia potuto vedere uno spettro pressochè uguale a quello descritto da Wollaston. Esso mi si presentò con quattro ampie zone colorate conterminate fra di loro, senza degradazione o sfumatura, che furono la violetta, l' azzurra, la verde, la rossa, con una zona gialla di due millimetri fra la verde e la rossa, e colle linee nere A, B, C, D, F, G, costituenti i limiti delle zone colorate, come si vede nella figura 4 della tavola I; fra le quali era interposta una listerella di un millimetro circa di luce biancastra. La linea nera E sottilissima, trovasi nel campo della zona verde, e parimenti la linea nera sottile H, nel campo della zona rossa. Lo spettro appariva della lunghezza di 10 centimetri, e della larghezza di 5 centimetri prossimamente. L' occhio nudo era applicato presso la lente, ed osservava lo spettro nello stesso prisma. L' apertura del porta-luce era di un millimetro e mezzo, e la distanza

del prisma dal porta-luce di $2^m,06$. L'atmosfera era tutta coperta, con pioggia dirotta continua. Le linee nere presentavano un' oscillazione continua di avvicinamento e allontamento, senza però lasciare nel loro vano penetrare i due colori attigui, dei quali ne costituivano i limiti. Ridotta l' apertura del porta-luce ad un millimetro, delle otto linee trasversali non rimasero che le tre F, G, H; e coll' apertura di mezzo millimetro rimasero le F, G.

Nei giorni lucidissimi del Luglio e dell'Agosto, ne' quali l'atmosfera presentava quell' azzurro purissimo tutto proprio del cielo italiano, altri sistemi di linee nere e luminose si presentarono negli spettri solari alle mie considerazioni. Le linee nere le più ampie non istabilirono mai i limiti delle zone colorate dello spettro solare; giammai esse mi si presentarono senza degradazioni: tuttavia i colori non apparvero mai quali vennero descritti dall' immortale Filosofo Anglicano, tutti fusi e sfumati in ciascheduna zona, da passare dall' una all' altra con una successione insensibile.

IV. Solo nei passaggi tra il giallo ed il verde, il verde e l' azzurro, si presentano le zone intieramente fuse; non così nei passaggi tra il violetto e l' azzurro, tra il rosso ed il giallo; i raggi, quali più quali meno allungati, s' inseriscono come a coda di gazza reciprocamente gli uni negli altri; e ai due capi dell' angolo rifrangente si presentano più prolungati che nel mezzo; per cui avendo ottenuto lo spettro solare formato di due sottili linee di rosso e di giallo a una estremità, e di altre due ugualmente sottili di violetto e di azzurro con una larga zona bianca nel mezzo, potei, coll' allontanare il piano di projezione dalla lente annessa al prisma, diminuire la zona bianca fin al punto da far incontrare fra loro i raggi gialli ed azzurri che più si estendevano nel campo della zona bianca. Nei punti poi del reciproco incontro di questi raggi, si formò il verde, mentre nelle altre parti, nelle quali i raggi rossi e verdi non si toccavano, appariva tuttavia il bianco. Anche in queste parti si generò il verde, all' accadere dell' incontro scambievole

dei raggi rossi ed azzurri. Esaminate le due zone, che comunemente si dicono dai fisici di colore azzurro ed indaco, non le rinvenni che una sola, la quale unicamente nel grado illuminante decresce dall' estremo congenerante il verde, all' altro estremo confinante col violetto. Istituito un uguale diligentissimo esame sull' aranciato, potei assicurarmi ch' esso non è che quel tratto nel quale i raggi rossi sono frammisti ai gialli tuttavia discernibili ad occhio nudo. Lo spettro solare adunque, come aveva stabilito il Fusinieri, è formato di rosso, giallo, azzurro e violetto. Di più ho fatto ancora l' analisi del verde prismatico, decomponendolo in azzurro e giallo separati da una linea bianca. Io riceveva il raggio verde attraverso una fenditura rettilinea verticale alta 28 millimetri e larga un millimetro. Presentava in prossimità a tal fenditura l' angolo rifrangente di un secondo prisma di *flint* che aveva ciascuna faccia lunga 43 millimetri, mentre quella della base era di 32, e l' altezza di 30 millimetri. Sopra un telaretto di carta bianca riceveva la projezione, nella quale si vedeva chiaramente, da una parte, una zona di giallo con forza decrescente dalla parte esterna all' interna, e dall' altra, una zona di azzurro decrescente parimenti in intensità dall' esterno all' interno. Oltre i 5 centimetri, le due zone divenivano sì dilatate da confondersi insieme e generare il verde. In ugual modo ho decomposto l' arancio in giallo e rosso, e l'ultima zona dell' indaco in azzurro e violetto. I raggi rimasti indecomponibili a' miei esperimenti furono il rosso, il giallo, l' azzurro e il violetto. Ho altresì decomposto il porpora. Questa analisi venne più volte tentata da' fisici, e sempre inutilmente, per quanto io conosco. È un fatto capitale, che rovescia la teoria di Newton sui colori.

V. Nei tre mesi ch' io ebbi a sperimentare, cioè nel Luglio, Agosto e Settembre del 1846, non potei mai, nelle migliaia di prove che io feci, ottenere l' identico sistema di linee nere e luminose ; soltanto nei giorni più sereni e tranquilli io m' ebbi sistemi costanti per l' intervallo di quattro a cinque ore. Spesso ho pure sperimentato dalle ore undici antimeridiane alle quattro pomeridiane ; e nei giorni di atmosfera

variata, dalle dodici alle tre pomeridiane. La figura 1 della tavola II rappresenta un sistema di linee nere verticali, che io ottenni il 6 di Agosto 1846. Esse sono in numero di 33, che variano per grossezza e distanza fra di loro, fra le quali campeggiano le sette A, B, C, D, E, F, G, per la loro tinta fortemente nera e per la loro grossezza. La G poi presenta la particolarità di contenere una linea nerissima al centro, la quale va sfumando a' suoi orli. Ho notata inoltre con *a* una linea sottilissima che parve tra le irradiazioni dell' indaco e del violetto. Niuna linea chiara apparve in questo spettro. L'apertura del porta-luce riesciva di un millimetro e mezzo; la distanza dell'apertura dal prisma era di $2^m,06$; e quella del piano di projezione dallo stesso prisma era di $2^m,58$. Lo spettro solare appariva lungo $0^m,165$, e largo $0^m,052$. L' atmosfera era tranquillissima, e la più pura che si potesse desiderare. Io ebbi tutta la diligenza, e perfino lo scrupolo di far eseguire col calco il disegno, sovrapponendo la carta allo spettro solare, e quindi esaminando con tutta attenzione la perfetta corrispondenza fra il disegno e il sistema offerto dalla natura in ordine al numero delle linee, alla loro posizione, alla loro grossezza. Il giorno 27 Agosto 1846 ne ho fatta la verificazione, e ne rinvenni sole trentadue, e tutte spostate dal violetto verso il rosso, senza però che le linee maggiori avessero a cadere nei limiti delle zone colorate. La distanza della distinta visione in luogo di $2^m,58$, fu ritrovata di $2^m,89$. Nel giorno 31 di Agosto non apparvero distinte che sei linee sole: due nel rosso; due nel verde; una nell' azzurro, ed una nel violetto.

VI Esaminato lo spettro in ogni sua parte fuori delle zone colorate, ho verificata la scoperta di luce visibile esistente al di là dei raggi rossi fatta da Cooper, ossia l' estensione della porzione rossa ordinaria dello spettro solare (1); ma di più, ebbi pure a scuoprire una zona di luce

(1) *Société Royale de Londres*, *Séance du* 16 *Maj*, 1839; *Institut*, n. 311, an. 7, 12 Dicembre, 1839, pag. 438.

bianco-cinerea dell' altezza dello spettro colorato, che si estendeva nello spazio oscuro in continuazione allo spettro colorato or più or meno, giusta la varia purezza del cielo. Il dì 23 Agosto la zona bianco-cinerea era visibile ad occhio nudo fino a $0^m,22$. Niuna linea nera e luminosa vi ho potuto in questa luce ravvisare in quel giorno; ma nel giorno 31, alle ore due pomeridiane, oltre alle due linee notate nella zona rossa della figura 1 tavola II, vi ebbi a scorgere due altre linee collocate ad uguale distanza nella attigua zona di rosso che si presentava come velata da un' ombra; e al principio dello spettro bianco-cinereo, due linee, la prima delle quali era grossa come la C, e la seconda come l' A. Quindi sembrava venissero delle linee oscure indeterminate alla vista. La tinta dell' atmosfera era tendente al bianchiccio. L' apertura del porta-luce era di un millimetro e mezzo, la distanza del prisma dal porta-luce era di $2^m,06$ e quella del telaretto del prisma di $2^m,25$. Lo spettro riusciva lungo $0^m,16$ ed alto $0^m,06$.

VII. Dalla parte del violetto la zona di raggi visibili era tendente al grigio lavanda; e si estendeva fino a $0^m,36$. Da ambe le parti le due zone erano dell' ampiezza dello spettro colorato; e presentavano nel lembo inferiore, per l' altezza di due centimetri, una luce più forte, la quale si protendeva nello spazio oscuro di più di tutti gli altri raggi luminosi formanti la zona. In questa luce, che, per brevità, nomineremo *lavanda,* vi ebbi a scuoprire una serie di linee, le prime sette delle quali primeggiano, e sono quelle che vengono dopo il violetto; le altre sono finissime e disposte parallelamente a minima distanza, e vanno decrescendo nella luce lavanda da perdersi nell' oscurità colla stessa. Le due prime delle sette linee sono distanti dall' estremo della luce lavanda attigua al raggio violetto di due millimetri, e apparvero ad occhio nudo della grossezza delle linee A, B della figura 1, tavola II, e collocate ad uguale distanza; a pari intervallo tengono dietro le altre cinque, delle quali la terza e la quarta apparirono della grossezza delle due della zona rossa (fig. 1, tav. II); la quinta della grossezza della

prima e seconda ; la sesta della grossezza dell' F, e la settima della grossezza della prima, seconda e quinta della stessa figura. Le linee sottili sono simili all' *a* dell' indicata figura. La luce lavanda e la luce bianco-cinerea van soggette a variazioni in forma e grandezza, al variar dell' angolo d' incidenza del prisma, come verrà fatto ancora di esporre nel corso di queste mie investigazioni.

VIII. Portata l' attenzione fuori dei limiti dello spettro ordinario nella direzione della sua ampiezza, ho riscontrato estendersi sotto e sopra le zone prismatiche di una tinta assai sbiadata, senza però poter distinguere in queste zone le linee nere esistenti nello spettro ordinario e nei laterali. Queste due zone, che denominerò *spettri secondarii inferiore e superiore,* posto che lo spettro ordinario sia projettato in una direzione orizzontale, variano nella intensità e nella estensione, al variare della purezza dell' atmosfera, e non so se anche al comparire e al variare della grandezza delle macchie solari, e al variare ancora dell' angolo incidente del fascio luminoso sulla faccia del prisma. Talora lo spettro secondario superiore apparve largo $0^{m},44$, e lo spettro secondario inferiore largo 0,38; ma talvolta non li vidi estendersi che di quattro a cinque centimetri. Queste esperienze, il 24 Agosto 1846 io le ripeteva alla presenza dei signori dottore Bologna, cultore distinto delle scienze naturali, e del R. P. Del Pozzo barnabita, professore di fisica a Parma ; e il giorno 26 susseguente, le ebbi a verificare al rispettabile mio amico e collega Ab. Natale Concina, esimio professore di filosofia nell' I. R. Liceo di Venezia. La luce adunque nello spettro solare si rifrange e disperde in due direzioni normali. Policromatica è nel senso della larghezza dello spettro, e monocromatica nella direzione della sua larghezza. Fatto importantissimo per la spiegazione di molti fenomeni secondarii che si manifestano nei cristalli. Non debbo poi ommettere di notare, che l'esistenza degli spettri secondarii, della luce bianco-cinerea, e della forma, ampiezza di quella di color di lavanda colle linee nere in essa esistenti, venne da me scoperta disponendo l'occhio

a questo modo. Nell' ampia sala di fisica dell' I. R. Liceo di Venezia della lunghezza di 20 metri e più, procurai una oscurità la più perfetta, convertendola in una camera oscura. Da una sottilissima apertura rettilinea verticale faceva entrare il raggio luminoso solare, il quale, decomposto dal prisma di *flint*, si perdeva disperso nella profondità di questa sala. Facendo cadere lo spettro solare sopra ad un telaretto di carta bianca collocato in una posizione verticale, appariva projettato orizzontalmente. Verificata la projezione dello spettro, mi rimasi per un quarto d' ora nel bujo, e il mio occhio era divenuto sensibile al raggio più tenue di luce; allora dalla parte del raggio violetto spinsi il telaretto verso dello spettro, e l' occhio mi avvertì del primo comparire della luce grigia, che andava guadagnando in intensità mano a mano che il telaretto si portava più vicino al lembo estremo della zona violetta. In questo movimento progressivo facevano la loro comparsa sul telaretto le linee nere, le quali poterono essere meglio percepite per tale loro succedersi nella zona a colorito lavanda. Questo stesso procedimento lo tenni io per l' osservazione della zona bianco-cinerea, e degli spettri secondarii. Nei ripetuti esperimenti, le centinaja di volte osservai, che il foco della luce lavanda è più corto del foco della luce violetta, e così di seguito ; sì che, per vedere con tutta distinzione le linee nere della luce lavanda, n' era d' uopo avvicinare alla lente il telaretto ; alquanto discostarlo per vedere distintamente quelle della zona violetta, e così di seguito ; per cui venni in chiaro, che la luce bianco-cirenea è la meno rifrangibile, e la più rifrangibile la luce lavanda. Fatto importantissimo, che mette fuor d' ogni dubbio, rispetto a questo carattere, l' eterogeneità dei raggi luminosi, e che s' accorda pienamente con quanto aveva osservato l' immortale Fraunhofer, il quale notò che la distanza focale dell' obbiettivo anche acromatico del cannocchiale pei raggi violetti, è più corta di quella dei raggi rossi ; a tal che gli fu mestieri variare la distanza dell' oculare, all' oggetto di poter vedere le linee distinte nei differenti colori.

IX. Non ho mancato neppure di ripetere l' esperimento di Cooper armando gli occhi con vetri colorati in azzurro dal cobalto. L'estensione della porzione rossa dello spettro solare resa visibile con questo mezzo, mi riuscì distinta; mi riuscirono visibili le linee nere, che dividono la zona rossa nella direzione trasversale alla lunghezza dello spettro, delle quali notò Cooper averne osservate due o più; e il termo-moltiplicatore di Gurjon, mi riconfermò nella sentenza di detto Fisico, il quale registrò che lo spazio occupato dai raggi calorifici i più possenti coincide colla posizione di questi raggi rossi resi così visibili dalla loro trasmissione attraverso un mezzo azzurro. Il rincrescimento, che mostrò questo valente Fisico, nella sua comunicazione al Faraday, di non poter proseguire lo studio di questi fenomeni, valse a raddoppiare in me il desiderio di studiarli con la maggior diligenza, anche per rispondere coi fatti ad un rimprovero, che, non ha molto, indirizzava ai fisici italiani un dotto Alemanno, di non istudiare i fenomeni della luce in questo purissimo cielo.

Con una apertura rettilinea verticale di mezzo millimetro e col prisma collocato alla distanza dal porta-luce di $2^{m},06$ ad occhio nudo applicato vicino alla lente e armato di vetri azzurri, potei assicurarmi, che la zona rossa, la quale mostravasi della larghezza di un centimetro, si estese da apparire formata di tre centimetri. In questa zona rossa sursero tre linee nere, una sottile al limite estremo del rosso confinante colla luce bianco-cirenea, e due nella zona rossa dalla parte più vicina al giallo; le zone verde, azzurra, violetta si presentarono disseminate di linee nere finissime collocate al minimo di distanza fra di loro; e la zona gialla apparve bianco-luminosa; conseguenza della legge dei colori complementarii, che sovrapponendosi si distruggono, generando il bianco. Al di là dei limiti dello spettro ordinario non mi fu dato distinguere per tal modo traccia di luce visibile. Nel dì 29 Agosto 1846, in cui l' atmosfera era intieramente coperta, non potei osservare che due linee nere, l' una sottile all' estremo rosso confinante col giallo, e l' altra più grossa nel mezzo della zona rossa. Eppure tutti gli elementi

dell' apparato erano gli stessi di quelli che abbiamo precedentemente narrati. Io m'avviso che adoperando vetri di colori differenti, si avranno varietà di effetti, come veggiamo infatti doversi naturalmente attendere, conoscendosi le leggi fisiologiche dell' organo visivo.

Dall' esposto appare manifesto, quanto sia stato imperfettamente descritto dai fisici lo stesso spettro ordinario, e come a questo si debbano aggiugnere due spettri secondarii, superiore ed inferiore; e due laterali, l' uno di colore lavanda e l' altro bianco-cinereo, con linee nere; sicchè lo spettro solare viene ad essere formato, secondo queste mie ultime osservazioni, di cinque parti distinte, le quali noi denomineremo: 1.° spettro ordinario centrale; 2.° spettro secondario superiore; 3.° spettro secondario inferiore; 4.° spettro monocromatico lavanda; 5.° spettro monocromatico bianco-cinereo. Cosiffatti cinque spettri sono nella più stretta colleganza fra di loro, in modo che al variare le dimensioni dello spettro centrale, variano ancora nella intensità e nell' ampiezza tutti gli altri spettri. Fra le tantissime varietà, che mi si offersero, variando la grandezza precipuamente dell' angolo incidente, ricorderò le seguenti. In alcuni miei esperimenti, istituiti il giorno 28 di Agosto 1846, l' apertura del porta-luce era di mezzo millim., la distanza del prisma dal porta-luce di $2^{m},06$; quella del piano di projezione dal prisma di $2^{m},45$. Lo spettro era largo $0^{m},046$, lungo $0^{m},16$; e la luce bianco-cinerea si estendeva nello spazio oscuro per $0^{m},30$. Avendo tenuto l' occhio nel bujo più perfetto per varii minuti, ho potuto perfettamente distinguere la forma di questo spettro bianco-cinereo, che terminava in apice; il limite inferiore era stabilito da una linea retta, che non era che un prolungamento di quella dello spettro ordinario; ma la superiore era ondulata con un ventre da principio, quindi un ristringimento, con un secondo ventre, e finalmente, altro restringimento successivo fino all' apice. Il primo ventre era occupato da una luce languida rossigna; il restringimento susseguente era fosco; il secondo ventre, da una luce bianco-cinerea distinta, e il resto dello spettro, da luce bianco-cinerea debolissima, che andava gradatamente sfumando fino al vertice.

Dal lato del violetto, lo spettro lavanda si protendeva nello spazio conterminato da linee parallele; ma i raggi erano d'ineguale lunghezza. Nella parte superiore si estendevano di nove centimetri, e nella parte inferiore di quindici centimetri. In altri sperimenti, nei quali aveva aumentato l' angolo incidente, lo spettro bianco-cinereo a forma di cono si estendeva per la lunghezza di quarantanove centimetri, mentre dall' estremo violetto era solo della lunghezza di $0^{m},088$.

X. Procedendo innanzi nell' analisi dello spettro solare ordinario, ho potuto scoprire l' esistenza di linee longitudinali oscure e luminose, che presentano uno spettacolo meraviglioso per la loro disposizione, grossezza e numero. La figura 2 della tavola II presenta la naturale disposizione di quelle linee da me osservate il giorno 7 di Agosto 1846. Esse sono in numero di trentasette, delle quali nove precipuamente campeggiano per la loro ampiezza. La lunghezza dello spettro era di $0^{m},40$, e la sua larghezza di $0^{m},057$. La fenditura del porta-luce era larga mezzo millimetro, e la sua distanza dal prisma di $2^{m},06$; la distanza poi del piano di projezione dal prisma era di $2^{m},73$. Le nove linee che si distinguono precipuamente, sono contrassegnate coi numeri progressivi arabici. Due linee luminose assai intense apparvero nello intervallo della seconda e della terza, e in quello dell' ottava e della nona; del resto, tutte le linee nere si presentavano accompagnate da linee luminose, le quali mi parvero nella loro intensità seguire la forza del colorito delle linee nere; e voglio dire, le linee nere più forti erano accompagnate da linee luminose più chiare. La simmetrica disposizione che io osservai fu la seguente: nella parte inferiore dello spettro projettato orizzontalmente, apparivano prima le linee luminose, e quindi le oscure; e nella parte superiore, prima le linee oscure, e poi le luminose.

XI. Ho potuto convincermi con replicate esperienze, ch' ebbi la compiacenza di ripetere ai signori professori Ab. Natale Concina, padre

Del Pozzo e sig. dottore Bologna, che la posizione delle linee nere ed oscure si cambia al variarsi le distanze del piano di projezione dal prisma, e al cangiarsi ancora della distanza del prisma dal porta-luce. Questa da pochi centimetri fu portata fino ad otto metri. Io ho veduto in queste variazioni, che il luogo, che da prima era occupato da una linea nerissima, venne ad essere il campo di una linea bianchissima. Anche ad elementi costanti nell' apparato, io non ho potuto mai avere l' identico sistema di linee che aveva fatte calcare il giorno 7 di Agosto, e che sono rappresentate dalla figura 2, tavola II, come ho riferito superiormente. Fra i molti riscontri che io feci, io ne ricorderò un solo. Il 27 di Agosto 1846 era l' atmosfera tranquilla e serena, e delle trentasette linee, dodici sole apparvero distinte ; alcune totalmente mancanti, altre riunite o spostate di luogo; laonde mancava quella superiore alla nona, le cinque inferiori all' ottava, la seconda e la prima ; la terza e la quarta riunite, la sesta alcun poco rialzata, l' ottava un po' abbassata, e una nuova grossa ne apparve nell' intervallo delle due sottili sottoposte immediatamente alla prima. Nei giorni, nei quali l' atmosfera era leggiermente disseminata di vapore da infievolire il bell' azzurro del nostro cielo, le linee nere apparvero estremamente sottili, senza le linee luminose. Gli spettri secondarii si trovarono essere sempre distinti.

XII. Con replicate prove ho potuto ancora scoprire la posizione della simultanea esistenza delle linee longitudinali e trasversali. La figura 3 della tavola II rappresenta il duplice sistema, che ho potuto determinare il giorno 7 di Agosto 1846. Le linee nere trasversali apparirono in numero di 15, delle quali sette precipuamente spiccano sopra le altre per la loro ampiezza, e sono distinte colle lettere A, B, C, D, E, F, F. L' apertura del porta-luce fu di un millimetro ; la sua distanza dal prisma, di $2^{m},06$, e quella del piano di projezione dallo stesso prisma, di $1^{m},87$. Gli spettri secondari poi non ebbero essi mai a mancare.

XIII. Anche questo duplice sistema non si riprodusse mai con identità. In due giornate serene aventi pressioni e temperature uguali, non fu uguale perfettamente la disposizione e il numero delle linee. Ancor qui le linee trasversali le osservai spostate dalla loro posizione nella direzione verso allo spettro secondario bianco-cinereo. La distanza focale in luogo di $1^{m},87$, la rinvenni di $2^{m},54$. Pare adunque lo spettro solare sia il più squisito *fotodoscopio* (da φωθοδοσκόπιον), per notare le più minute impercettibili variazioni dell' atmosfera.

XIV. Mercè le mie numerose esperienze, io pervenni alle seguenti conclusioni generali, che costituiscono le condizioni della loro chiara e distinta visione :

a) *L' apparizione delle linee dello spettro solare è in necessaria relazione colla piccolezza dell' apertura del porta-luce e colla distanza del prisma dallo stesso porta-luce.* Così l' apertura di due millimetri col prisma distante dal porta-luce di $2^{m},06$ non diede linee distinte nello spettro; e alla distanza di sette metri diede linee verticali, senza alcuna linea orizzontale. A questa stessa distanza di sette metri colla apertura di un millimetro e mezzo, apparve nella parte superiore dello spettro una sola linea longitudinale; coll' apertura di un millimetro si videro due linee longitudinali verso i confini dello spettro presi nel senso della lunghezza del medesimo; coll' apertura di mezzo millimetro comparvero due fasci di linee orizzontali, cioè i due gruppi di linee superiore ed inferiore, de' quali il superiore offre linee di maggiore ampiezza. Non debbo ommettere aver notata una distanza tra il foco e le linee trasversali ed orizzontali, alla quale nel campo dello spettro apparve una linea luminosa longitudinale.

b) *A distanza costante del piano di projezione dal prisma, colla maggiore apertura apparvero le linee trasversali; colla minima, le longitudinali, e colla media, le trasversali e longitudinali; sì che col successivo ristringersi dell' apertura appaiono per ordine : 1.° le linee trasversali ; 2.° le trasversali e longitudinali ; 3.° le longitudinali.*

c) *Ad apertura costante, le linee verticali apparirono alla massima distanza, le linee orizzontali alla minore, e alla media distanza tutti e due i sistemi.* Così coll' apertura di mezzo millimetro e col prisma distante dal porta-luce di $2^m,06$, le linee orizzontali si mostrarono alla distanza dal prisma di due metri; le verticali a quella di 5^m crescenti; e l' insieme delle orizzontali e verticali, a $2^m,64$. Colla stessa apertura poi di mezzo millimetro e col prisma distante dalla apertura del porta-luce di sette metri, le linee orizzontali apparvero alla distanza del piano di projezione dal prisma di $1^m,45$; le trasversali alla distanza di $2^m,54$; e l' insieme delle verticali e delle orizzontali alla distanza di $1^m,52$.

d) *L' angolo d' incidenza per le sole linee trasversali è un poco maggiore di quello che occorre alla chiara e distinta visione delle sole linee longitudinali.* Lo spettro solare viene ad essere per siffatto modo più corto e più largo od alto per le linee trasversali, e più lungo e più stretto per le linee longitudinali.

e) *La disposizione delle linee longitudinali varia colla distanza del prisma dall' apertura del porta-luce.* Ciò emerge dal confronto dei resultati riferiti.

f) *Le prime linee, tanto trasversali che longitudinali, le quali incominciano a comparire nel campo dello spettro solare, sono quelle che, a sistema compiuto, risultano molto più intense e di un' ampiezza maggiore.*

g) *Il foco delle linee, per ciascun sistema, varia colla grandezza dell' apertura.*

h) *L' intensità delle linee luminose, in tutti e tre i sistemi, è di una forza maggiore di quella del restante del campo dello spettro solare; come per le linee trasversali aveva scoperto Fraunhofer.*

i) *Lo stato atmosferico influisce sulla distanza focale delle linee, tanto longitudinali che trasversali.* Così ottenni la distanza focale delle linee longitudinali a $2^m,61$; $2^m,64$; $2^m,73$ nel mentre l' atmosfera era in variazione continua, essendo tutti gli altri elementi

dello esperimento costanti; e pelle trasversali ebbi $2^m,58$; $2^m,54$; $2^m,62$. In questi due esperimenti le aperture erano diverse.

l) *Lo stato atmosferico influisce ancora sulla posizione, numero, grandezza e forza delle linee, tanto longitudinali che trasversali.*

m) *Per ciascun sistema di linee vi è un' apertura, che riesce la migliore alla projezione la più compiuta, chiara e distinta delle linee.* Le più idonee che io rinvenni, sono quelle indicate superiormente per gli spettri rappresentati dalle figure 1, 2, 3 della tavola II. L' esistenza di questi tre sistemi di linee, che nell' ordinaria seduta del giorno 10 Agosto 1846 comunicai all' I. R. Istituto Veneto, il giorno 13 dello stesso mese verificai alla presenza dei signori Nobile G. Minotto, membro dell' I. R. Istituto, del sig. L. Pasini, segretario e membro dello stesso Istituto, e del sig. F. Orioli, professore e corrispondente dell' I. R. Istituto Veneto (1).

XV. Superiormente, al paragrafo secondo di questo Capo, riferii la sentenza de' fisici intorno alla causa delle descritte linee. Fraunhofer la ripose nella natura della sorgente luminosa; e per lui lo spettro solare fu un mezzo di verificazione dell' identità o non identità delle luci emanate dalle varie sorgenti. Herschel ripose questa causa nella reale mancanza di raggi luminosi, o in *limine* allo sviluppo dei raggi, o nel mezzo, attraverso il quale devono passare. Brewster ed Ermann sono pressochè della sentenza di Herschel. Pensa il primo, che i raggi che mancano sieno assorbiti dai gas sviluppati dalla stessa combustione che genera la luce, o dai mezzi che devono attraversare. Avvisa il secondo, che il mezzo attraversato dal raggio luminoso, lo separi in due

(1) *Esperienze su nuove linee nere e luminose dello spettro solare*, Nota del professore F. Zantedeschi, comunicata all' I. R. Istituto Veneto nell' ordinaria seduta del 10 Agosto 1846, ed inserita nel fascicolo VII del t. I, pag. 373 della *Raccolta fisico-chimica italiana*. Questa Nota venne pubblicata il giorno 14 Agosto, come può rilevarsi dalle copie trasmesse al sig. segretario Pasini, e Nobile Minotto, e a varii fisici d' Italia e fuori.

o più porzioni, ciascuna delle quali sia differentemente ritardata; per cui distingue l'*interferenza in semplice e doppia.*

In sentenza quindi di Fraunhofer, lo spettro solare indicherebbe la differente composizione dei raggi luminosi provenienti dalle diverse sorgenti; secondo Herschel e Brewster, lo spettro luminoso sarebbe un fenomeno indicatore lo assorbimento delle varie specie di raggi; ed a detta di Ermann, un fotoscopio d'interferenza. Tutte queste sentenze mi paiono difettose, sebbene tutte abbiano un lato di vero. Fraunhofer tutto riferisce alla sola natura del raggio luminoso; Herschel, per lo contrario, Brewster ed Ermann, alla semplice influenza del mezzo diversamente interpretato; e tutti escludono l'influenza dell'apparato sperimentale; ma in questi fenomeni, che dimostrano solo la diversa distribuzione od andamento dei raggi luminosi, v'interviene la natura del corpo raggiante; il mezzo, attraverso il quale passano gli efflussi luminosi; e l'apparato stesso della esperienza. È un fatto ben noto, che noi dalle diverse sorgenti luminose non abbiamo le stesse sensazioni, e che alcune fiamme ci appaiono monocromatiche ed altre più o meno policromatiche; sia adunque per la natura di cosiffatte sorgenti, che manchino di alcuni raggi, sia che in *limine* vengano assorbiti dai gas sviluppantisi nella combustione, è indubitato che deve essere presa in distinta considerazione la natura della sorgente irradiante. È un fatto ben determinato, che la diversa natura e stato del mezzo, che viene dalle irradiazioni attraversato, producono distinti fenomeni nello spettro luminoso, come mostrano il gas nitroso e i vapori dell'iodio, del bromo e di altre sostanze. Anche adunque la natura e stato del mezzo devono essere attentamente studiati nell'esame filosofico delle apparizioni, che si manifestano nello spettro luminoso. È un fatto altresì ben dimostrato, che le apparenze dello spettro variano in relazione alla grandezza della apertura, alla distanza del prisma da quella, alla natura e dimensioni del prisma, e alla distanza del piano di projezione da questo. Una o più di queste circostanze che si modifichino, variano le apparenze dello spettro luminoso. Anche dunque la natura di alcune parti dell'apparato,

e la sua disposizione dovranno essere considerate nel calcolo dello studio delle apparizioni dello spettro solare. Tutte adunque queste diverse circostanze devono essere colla più seria attenzione studiate per addentrarsi nella spiegazione dei fenomeni, che presenta lo spettro solare. Dall' insieme di queste circostanze, io sono necessariamente condotto a dover ammettere, che le apparenze dello spettro luminoso sieno effetti della diversa distribuzion dei raggi della luce per la varietà dei mezzi attraverso i quali deve passare. Quella luce monocromatica degli spettri laterali; quello imbattersi in linee cotanto differenti al variare della semplice distanza di projezione; quel trasformarsi dei sistemi di linee sotto forme così svariate al mutarsi della grandezza dell' apertura del porta-luce; e quel crescere di tinte delle linee oscure, e rinforzarsi delle luminose, quel loro riunirsi in sistemi, sono tutti argomenti evidenti per me del vario riflettersi, rifrangersi, disperdersi dei raggi luminosi. Io non voglio con questo negare, che nessun raggio venga estinto sia per assorbimento o per interferenza, ma solo mettere in chiaro, che l' assorbimento e l' interferenza, quale viene risguardata nel sistema dell' onde, non sono le vere e sufficienti cagioni producenti i fenomeni dello spettro luminoso. Non l' assorbimento: imperocchè se le linee nere sono un effetto di raggi assorbiti e non di raggi diversamente distribuiti, è impossibile che il crescere o decrescere delle tinte nere sempre si accompagni con l' aumento o la diminuzione d' intensità delle linee luminose; e l' ingrossarsi o l' assottigliarsi delle linee nere collo ingrossamento o assottigliamento delle linee luminose. I grandi sistemi di linee oscure prodotti dal gas nitroso e dai vapori dell' iodio sono nel mezzo attraversati da una zona di luce intensissima della larghezza di tre a quattro millimetri. Ed i sistemi di linee uniformi e finissime offrono una luce tranquilla, del pari diffusa nell' altezza dello spettro da non avvedersene quasi occhio inesperto nelle ricerche di questi fenomeni, come io ebbi a convincermene nel ripetere che io feci le descritte esperienze a taluni. Non interferenza; perchè in questo stesso spazio o in quella stessa linea, dove si hanno ad incontrare, secondo

gli Eteristi, raggi che devono sempre accrescere l' intensità della luce, si ha ancora diminuzione ed estinguimento ; ora linee luminose, bianche, ora colorate, ora più o meno perfettamente nere. Questo fenomeno io lo ho verificato le centinaia di volte, e abbatte e distrugge nei suoi stessi principii l' interferenza, quale viene rappresentata da' fisici, come io dimostrerò in altro scritto, nel quale saranno esposti i nuovi effetti da me osservati.

XVI. Io porrò fine a questo Capo, osservando essere lo spettro solare precipuamente un fotodoscopio il più squisito che possa, secondo lo stato attuale della scienza, imaginarsi. La luce assume l' ufficio di descrivere e rappresentare con la accuratezza la più sorprendente le variazioni che avvengono o per la natura del corpo luminoso o del mezzo, attraverso del quale passano i suoi raggi, per cui io credo dover proporre ai fisici una camera oscura destinata esclusivamente alle osservazioni fotodoscopiche. Io credo che queste saranno feconde dei risultamenti più interessanti sì per la meteorologia, che per la scienza della luce, come ancora per l' astronomia ; la luce, che a' nostri giorni si destinò ad essere pittrice della natura, diverrà ancora pittrice di sè medesima, nuove maraviglie manifestando cavate dai secreti della sua stessa essenza, e disvelando que' continui incessanti cangiamenti, ai quali il nostro sistema planetario, anzi l' intero universo, soggiace. Nè questi sono semplici presentimenti, ma sono l' espressione di quegli effetti, che a questi giorni mi ha dischiusi la natura. Io mi limiterò a descriverne alcuni.

Davanti all' apertura del porta-luce larga due millimetri ho posta una bottiglia di cristallo bianco purissimo a pareti piane parallele. Sul piano di projezione, alla distanza dal prisma di $2^{m},39$, non appariva nello spettro solare alcuna linea. La bottiglia era distante dal prisma $2^{m},01$; e lo spettro projettato appariva lungo $0^{m},16$ ed alto $0^{m},055$. Debbo ancora notare che le pareti piane parallele della bottiglia erano grosse cinque millimetri, e distanti fra di loro di quattro centimetri e

tre millimetri. Introdotte nella bottiglia alcune laminette d' iodio, le feci passare in vapore lentamente. La bottiglia era collocata sopra della sabbia, che veniva riscaldata da bragie accese sottoposte ad una lamina di ferro sostenente la bottiglia in un colla sabbia. Al formarsi del vapore di iodio cominciarono nel campo dello spettro ad apparire delle linee finissime e non ben finite nei contorni; aumentandosi la quantità del vapore, lo spettro apparve disseminato da migliaja di linee nere longitudinali di una estrema sottigliezza; vieppiù crescendo la quantità del vapore, le linee si riunirono in sistemi di grosse e sottili con alcune luminose; e finalmente, si divisero in due sistemi nerissimi superiore ed inferiore con una zona larga cinque millimetri nel mezzo di una luce intensissima. Levato il fuoco, e riducendosi a poco a poco il vapore di iodio allo stato di solidità, i due sistemi neri andarono suddividendosi, e così pure la zona di luce intensissima. Altrettanto io ebbi a notare, rinnovando tale esperimento col gas nitroso. Era una meraviglia a vedere le migliaja di linee longitudinali in un movimento continuo per le variazioni di temperatura. Nella varietà dei sistemi, che io sono impotente a descrivere, ne ricorderò uno formato di tre gruppi di linee, ciascuno costituito da due grosse nere e due assai luminose. Ciascun gruppo era separato dall' altro da linee minutissime. Avendo varie volte ripetute siffatte esperienze, ho potuto convincermi dell' esistenza di questi fatti, cioè che *tanto il movimento intestino dei vapori, quanto quello di traslazione del vaso, produceva una varietà indescrivibile nella distribuzione delle linee nere e luminose;* ho pure potuto assicurarmi, che *la rarefazione dei gas produce suddivisione delle linee nere e il condensamento, riunione od ingrossamento.* I quali fatti sperimentali gli ho trovati poscia in perfetta armonia colle variazioni atmosferiche. Un velo sottilissimo di vapore, che tiene l' alto dell' atmosfera, il quale solo scema quell' azzurro intensissimo del nostro cielo, presenta il campo dello spettro disseminato di linee longitudinali cotanto finissime che anche all' occhio di qualche fisico riuscirono impercettibili; perchè non aveva mai veduto nè quelle di

Fraunhofer, nè le mie; e il medesimo fisico avendo in altri stati di cielo veduti i sistemi distinti delle linee, confessò allora, al rinnovarsi nei susseguenti giorni l'analogo fenomeno, di percepire quello che gli era paruto altra volta invisibile. Le due linee notate col numero 9 nella figura 2 della tavola II presentarono più volte il fenomeno della loro separazione e riunione colla comparsa e successivo svanimento di una linea luminosa interposta. E così pure altre linee, come riferii nella mia Nota. Siffatte variazioni furono ripetute per dieci e più giorni, nel corso dei quali eranvi vicissitudini continue nello stato dell'atmosfera; e sempre riconobbi ancora cangiamenti nella distanza focale.

CAPO QUARTO

DEL PASSAGGIO DELLA MATERIA PONDERABILE ALLO STATO RAGGIANTE



Il passaggio della materia ponderabile allo stato raggiante è un postulato dell'ipotesi della emanazione, come la esistenza dell'etere è un postulato dell'ipotesi delle ondulazioni. Tutte e due queste sentenze hanno validi argomenti a proprio loro favore; tutte e due presentano gravi difficoltà, che non trovo che sieno state interamente tolte nè dai sostenitori dell'emissione newtoniana, nè dai difensori delle ondulazioni di Eugenio. Converrebbe infatti alla spiegazione compiuta dei fenomeni presentare alla scienza una terza sentenza, quella, cioè, di una *projezione ondulatoria*, quale venne proposta dal fisico Fusinieri, che si presti alla spiegazione dell'insieme di tutti i fenomeni. Il passaggio della materia ponderabile allo stato raggiante, lo trovo assunto in più luoghi dalle opere di Boscovich; lo trovo indotto, come una conseguenza della luce colorata dai sali, nelle opere di Herschel; ma nol trovo dimostrato pienamente, per quanto egli è a mia notizia, negli annali della scienza. Il Fusinieri, come ho riferito nel mio Trattato del calorico, ebbe a dimostrare il trasporto di materia ponderabile nel calorico raggiante. Egli fece le sue esperienze esponendo vicino alla parete di un vetro una barra arroventata di ferro, od anco una spira di platino mantenuta incandescente nel vapore di etere; e il Bizio, come dirò, istituì analoghi esperimenti colla luce; ma tutti e due a picciolissime distanze, come

fecero ancora altri chimici. Era un desiderio dei fisici che cosiffatti sperimenti venissero estesi ed ampliati; che si dimostrasse direttamente che la materia irraggia, si riflette e propaga colle stesse leggi comuni al calorico e alla luce; e che gli ultimi atomi della materia, in poche parole, vengano a costituire il calorico e la luce. *Materia che si riduce allo stato raggiante, materia che si restituisce allo stato ordinario. Un circolo perenne, che conserva l' ordine cosmico, e che rinnova ed integra lo stato molecolare dei corpi.* Questa è la investigazione che io proposi a me stesso, e che cercai di studiare per la via diretta della esperienza. Investigazione sottile e profonda, che dee ritrarre la scienza dall' imaginario e dall' ipotetico, e ricondurla sul positivo e reale, come è stata ricondotta la elettricità, per opera precipuamente dell' insigne fisico Fusinieri. Io esporrò in questo Capo i risultamenti che m' ebbi, tanto dalle luci artificiali che dalla luce solare; risultamenti, che mi invogliarono ad applicarmi più da vicino allo studio delle irradiazioni calorifiche e luminose nei loro rapporti col magnetismo e colla elettricità, quali venner discoperti dal Morichini in Italia e dal Faraday in Inghilterra. Iddio mi conservi lena e vigore a compimento di un lavoro, col quale io porrò fine alla mia carriera scientifica, per indiarmi in Lui, luce eterna, sorgente d'ogni vero e d'ogni bene. Possano riuscire i miei studii grato inno di gloria, che io cercai di cantare all' Eterno!

Le mie esperienze furono fatte, sulle luci artificiali e sulla luce solare, nei mesi di Aprile, Maggio, Giugno, Luglio, Agosto, Settembre del 1846; e due sono le serie de' miei esperimenti: l' una instituita cogli specchi coniugati, attraverso le pareti dei vasi di allumina e all' aria libera col solo calore oscuro; l' altra colla luce diretta, riflessa e rifratta del sole in vasi aperti e chiusi.

SERIE PRIMA

delle esperienze istituite sopra luci artificiali.

ESPERIENZA I,

istituita cogli specchi coniugati.

I. Due specchi di ottone di forma parabolica e del diametro di quaranta centimetri furono collocati nella Sala di fisica dell'I. R. Liceo di Venezia, alla distanza di undici metri. Si ebbe tutta la diligenza perchè i loro assi avessero a trovarsi nella medesima linea retta: il che facilmente si ottiene col mezzo di una candela accesa, che si colloca al foco di uno specchio, l' imagine della quale deve trovarsi al foco del secondo specchio, lorchè sono simmetricamente disposti. Collocati impertanto in questa posizione gli specchi, al foco d'uno di essi furono messi de' grossi pezzi di acceso carbone di castagno, la combustione del quale era ravvivata dal soffio continuo e regolare di una corrente di aria mantenuta da un soffietto. Allora fra i pezzi dell' ardente carbone furono messe due lamine di rame. Scorsi alcuni minuti, acquistarono la temperatura del calor bianco, e la fiamma ebbe a tingersi in verde. Allora al foco del secondo specchio fu collocato un vetro da orologio, ripieno per due terzi di acido nitrico purissimo, che trattato colla dissoluzione di cianuro ferrico potassico non offriva reazione di sorta sensibile. Lasciato il vetro di orologio per 15 minuti primi al foco dello specchio, venne ritirato, e trattato l' acido, tanto concentrato che diluito, con acqua distillata, diede una reazione resa manifesta col cambiamento di colore in verde-giallognolo, che è dovuta all'azione del cianuro ferrico rameico (1); il colorito però fu più forte nell' acido

(1) A. Baudrimont, *Traité de Chimie*; Parigi, 1845. — G. G. Berzelius, *Traité de Chimie*; Parigi, 1845-1846.— H. Rose, *Traité pratique de analyse chimique*; Parigi, 1843. — R. Fresenius, *Précis de analyse chimique qualitative*; Parigi, 1845.

nitrico concentrato che nel diluito. Ma perchè taluno poteva, e con ragione, sospettare che questo fosse un effetto dovuto all' espandersi della materia, e non di un irraggiamento propriamente detto, furono posti all' ingiro del foco dello specchio, alla distanza di otto centimetri, sei vetri da orologio ripieni per due terzi del medesimo acido nitrico, del quale fu eziandio riempiuto il settimo vetro collocato al centro del foco. Trascorsi quindici minuti primi, furono ritirati, e vennero tutti trattati con tre gocciole del medesimo reagente. Quello che era al centro si colorò in verde-giallo, e tutti gli altri non diedero indizio alcuno di reazione. Tale esperimento fu ripetuto sei volte con effetto costante. Conchiusi impertanto che il rame irradia, si riflette, si propaga e si concentra come la luce e il calorico. La stessa esperienza venne rinnovata col ferro, col piombo, coll' argento, e le dissoluzioni furono trattate col solfocianuro potassico, col cromato potassico e coll' acido cloridrico; e tutte diedero effetti distinti di reazione, che manifestarono la presenza del ferro, del piombo e dell' argento.

ESPERIENZA II,

eseguita con vasi composti di allumina e di quarzo.

Alla fabbrica di terraglie eretta in Venezia dai sigg. fratelli Mazza, che all' intelligenza e segreti dell' arte uniscono il più intrepido coraggio, necessario per lottare con le tante difficoltà che dentro e fuori dello stabilimento si levano, feci costruire varii cilindri con pasta composta di allumina e di quarzo. Essi erano alti centimetri sei, del diametro interno di centimetri quattro e due millimetri, colle pareti grosse millimetri quattro. Anzi di chiuderli, in ciascheduno fu collocato un cilindretto alto centimetri quattro e grosso millimetri 27, formato della medesima pasta, e bagnato della comune vernice da terraglia, composta con sale comune, piombo e silice. I cilindri maggiori furono perfettamente chiusi con coperchio della medesima terra, che portava un tubo ricurvo della lunghezza di 60 centimetri, per dar luogo allo

sviluppo del vapore, alla dilatazione dell' aria esposti che fossero i cilindri ad un' alta temperatura. Trattata la pasta, digerita nell' acido nitrico, col cianuro ferrico potassico, non offrì mai alcun fenomeno di reazione che indicasse presenza di rame. I descritti cilindri, senza che loro venisse data dentro o fuori alcuna vernice, furono vestiti di una lamina di rame, e così esposti all' azione del fuoco di carbone di castagno sostenuto dal mantice da fucina. Essi furono portati fino alla temperatura del calor bianco, e mantenuti in questo stato per lo spazio di ore due. Ritirati e lasciati raffreddare, furono spezzati, ed i cilindretti inverniciati si rinvennero di una tinta nera molto analoga a quella dell' inchiostro di China. Talvolta ho fatto spezzare i cilindri appena ritirati dal fuoco, e li vidi incandescenti di una tinta rosso-bianchiccia. La mercè del coltello fu ridotta quella vernice, che si era vetrificata a quell' alta temperatura, in polvere finissima, e fu abbandonata per un mese alla spontanea digestione nell' acido nitrico. Trascorso questo tempo, l' acido trattossi colla dissoluzione del cianuro ferrico potassico, e la reazione in un modo distinto manifestò la presenza del rame colla tinta verde-gialla, che, appresso precipitato, ho potuto raccogliere allo stato di ossido. Esso adunque in istato raggiante deve aver attraversate le pareti dei cilindri, e deve poi essersi ridotto allo stato concreto per la chimica affinità della vernice data ai cilindretti racchiusi. Senza della vernice io non potei mai avere effetto apprezzabile. Questa felice idea io la debbo ad un fatto che mi presentò il sottile ingegno del chiarissimo signor dottore G. Bologna. Nella fabbrica di terraglie e porcellana della città di Bologna, che per alcuni riguardi vince le più celebrate dell' Inghilterra, avvenne che parecchie tazze da caffè furono poste in forme di ghisa e soggettate all' alta temperatura della fornace richiesta al loro cuocimento. Queste furono ritirate colla vernice resa vitrea di un colore bruno nerastro dovuto all' ossido di ferro ridotto raggiante in tutte le direzioni. L' ossido metallico sulla vernice vetrosa si vede espanso a quel modo che in tanti fenomeni dovuti al Fusinieri si presenta la materia attenuata, vo' dire in forma di macchie con una

tinta più forte agli orli o agli spigoli, che ne formano la periferia. E ciò tanto all' interno che all' esterno de' vasi.

ESPERIENZA III,

istituita all' aria libera sul nitrato d' argento e sulla silice nei forni ad altissima temperatura.

I risultamenti di questa terza esperienza, che io vengo a descrivere, sono dovuti ad alcune osservazioni del sig. Cardo, chimico distinto tra noi, che professa la scienza sua con rara assiduità ed amore singolare. S' imagini collocato il crogiuolo, nel quale si fonde il nitrato d' argento, al centro di una stanza; e si dispongano alcuni fogli di carta in tutte le direzioni, come alla periferia di una sfera. In breve tratto di tempo tutti appariranno macchiati di punte nero-grigiastre. Adunque il nitrato d' argento si projetta al modo delle irradiazioni calorifiche e luminose. Debbo altresì notare che alcuni fogli di carta difesi dalle irradiazioni dirette si trovarono essi pure macchiati. Il che dimostra che la materia projettata venne a colpire ancor questi per riflessione. Al tutto analogo è ancora il fenomeno che presenta la silice nei forni ad alta temperatura delle vetrerie. Essa irraggia, attraversa le pareti de' recipienti, e alle superficie dei medesimi e de' forni, dove l' allumina è rammollita, forma silicati, che per l' azione del fuoco violento si fondono; e per tal modo si logorano le pareti dei recipienti e quelle ancora dei forni. Questo fatto venne eziandio più volte verificato anche dal sig. dottore Bologna, indagatore profondo dei fenomeni della natura.

SERIE SECONDA

di esperienze istituite colla luce solare.

ESPERIENZA I,

eseguita colla luce diretta.

II. I chimici, sebbene, nelle loro opere, avesser notato che il cianuro ferrico potassico, sciolto nell' acido idroclorico allungato, abbandonato a sè veniva a porgere col tempo e progressivamente abbondante precipitato azzurro di Prussia (1) ; pure niuno meglio del Fusinieri studiò il fenomeno in tutte le sue circostanze, niuno meglio di lui lo descrisse in tutte le sue particolarità; niuno ne previde l' importanza per le ulteriori scoperte a cui può condurre circa la natura e le azioni della luce ; niuno presentì che possa anche somministrare la chiave per la spiegazione del grande universale fenomeno del coloramento in verde dei vegetabili la mercè dell' azione della luce del sole. Il Fusinieri per lo più fece le sue esperienze coll' acido idroclorico di gravità specifica da 1,15 a 1,17, allungato con altrettanta acqua o col doppio ; ma ne fece anche cogli acidi solforico e nitrico, i quali per produrre l' effetto si volevano allungatissimi. Egli trattava con questi liquidi piccolissime dosi in confronto dei loro volumi, di quel cianuro doppio, o in polvere, o in soluzione acquosa concentrata. Effetti assai costanti furono i seguenti. Da principio l' azione appariva nulla. Dopo qualche tempo il liquido divenia giallo aumentando gradatamente di intensità ; poi colla stessa lentezza divenia giallo-verde ; poi verde, che durava poco e passava al verde-azzurro ; a questo succedea l' azzurro che cresceva gradatamente d' intensità. In tutti i quali stati, il liquido

(1) Berthollet, *Statica Chimica ;* T. II, pag. 249, 258 ; Thenard, T. IV, pag. 204 ; Berzelius, T. IV, pag. 191 : si veggano ancora i Trattati di Chaptal, Henry, Tompson, Davy e dei due Brugnatelli.

era trasparente; ma in progresso, crescendo l' intensità dell' azzurro, nasceva un intorbidamento, anche questo lento e progressivo, al quale succedea colla stessa lentezza un deposito di azzurro carico in fondo del vaso. Secondo che aumentava il deposito, si attaccava all' interna parete del vaso vitreo uno strato sottile di azzurro. Questo cominciava a formarsi precisamente dov' era lo spigolo del liquido in confine col vetro, e si formava una zona azzurra sottile tutto all' intorno, la quale aumentava di larghezza, spingendosi anche al di sopra dello spigolo, finchè col tempo l' anzidetto strato sottile aderente al vetro intonacava internamente tutta la parte del vaso occupata dal liquido. Nello stesso tempo, e anche prima, si formava alla superficie del liquido una sottile pellicola della stessa sostanza, la quale, veduta per riflessione della luce, era di color rossiccio e violetto carico, e per trasmissione azzurro-chiara. In questo stato di cose, il liquido incominciava a rendersi di nuovo trasparente, ed aveva desso un colore azzurro-verdognolo impallidito. Proseguendo a formarsi il corpo solido azzurro distribuito come sopra in fondo al vaso, attaccato alla parete verticale, e in pellicola superficiale, il liquido riducevasi infine limpido e scolorato come l' acqua, e tale si potea versar fuori del vaso. Allora era finita ogni azione chimica, ed invano si sarebbero attese mutazioni ulteriori. In bottigliette chiuse ermeticamente quell' ultimo rimasto era il medesimo anche dopo due anni, e le sostanze non subivano altro cangiamento, neppure esposte per lungo tempo al sole. Avendo il Fusinieri fatti varii esperimenti col solo calore solare, in vasi chiusi ed aperti, con luce e calore artificiale, non ha mai potuto avere effetto apprezzabile. Si è pure convinto con numerosi esperimenti, che dove gli acidi non erano allungati, come si è esposto, gli effetti riuscivano differentissimi. Ecco le conclusioni che trasse dalle sue esperienze, che io stesso volli ripetere:

1.° Si forma azzurro di Prussia prima solubile, poscia insolubile per mescolanza di un acido molto allungato col protocianuro giallo di ferro e di potassio;

2.° Il processo chimico relativo è l' effetto di una azione speciale

della luce del sole, e maggiormente rapido secondo l'intensità di questa indipendentemente dal calore;

3.° Quel processo chimico con precipitazione di materia insolubile è indipendente da concorso dell' aria;

4.° Si può concepire quella formazione di azzurro di Prussia per decomposizione del cianuro di potassio. Ma resta da sapere come la luce produca la separazione di quello dal cianuro di ferro, onde resti disciolto dall'acido della soluzione, o qual altro sia l'effetto della luce;

5.° Infine, resta da sapere come sia necessaria molta acqua, che allunghi gli acidi forti, perchè la luce produca l' effetto.

Io non entrerò nella disamina di tutti i particolari degli esposti risultamenti avuti dal Fusinieri, e pienamente confermati da me; colla particolarità, che il colore azzurro incomincia ad apparire prima verso il fondo del vaso che alla superficie a contatto dell' aria, in cui tuttavia è verde carico; ma, secondo lo scopo di queste mie investigazioni, io mi limiterò a dimostrare che, in queste reazioni, una o più sostanze delle stesse irradiazioni luminose e calorifiche intervengono, e che vi è passaggio, in una parola, di sostanza raggiante allo stato concreto, che opera chimicamente.

Si prenda dell' acido nitrico purissimo in tanta quantità, che per rispetto ad un pezzetto di limaglia di ferro stia nel rapporto di 100:1 prossimamente. Si faccia la dissoluzione; e questa la si allunghi con 100 parti d' acqua, e si avrà una soluzione nella quale starà il peso del ferro a quello dell' acqua : : 1 : 10000. Ora si prendano di questa allungatissima soluzione una picciolissima quantità, e la si allunghi con 100 parti d' acqua distillata: si avrà allora una soluzione, in cui starà il ferro all' acqua : : 1 : 1000000 $= \frac{1}{1000000}$ di ferro. Trattata questa dissoluzione allungatissima con una a due gocciole di cianuro ferrico potassico, si colorò in giallo pallido. Ho preso appresso dello stesso acido nitrico purissimo, e lo ho allungato nella proporzione di 1 : 100 con acqua distillata; e lo ho trattato con una a due gocciole e fino quattro di cianuro ferrico potassico, e non ebbi alterazione sensibile di

colore. Rinnovato lo stesso esperimento con acido nitrico attinizzato e tintanizzato, ebbi una tinta pallida giallognola. Adunque, presenza d'ossido ferrico. Se io volessi paragonare questa quantità alla precedente proporzione, parmi che la potrei rappresentare da $\frac{1}{1000000}$: $\frac{1}{100000000}$; e crederei che la proporzione fosse ancora minore del vero. Questo stesso acido titanizzato, trattato col solfocianuro potassico diede un cangiamento di tinta, che in su le prime fu tendente al rosso, e poscia si tramutò in giallo-verde con isviluppo di gas nitroso, e finalmente finì di scolorarsi. Pare che questi cangiamenti sieno effetti delle reazioni del solfocianuro potassico coll' acido nitrico concentrato; perchè il medesimo effetto io ebbi anche dallo stesso acido non attinizzato, ma tuttavia concentrato: dico tuttavia concentrato; perchè con acido nitrico allungato io non ebbi, a cose uguali, con tre a quattro gocciole di solfocianuro potassico, niun effetto sensibile. Parrebbe impertanto, che il primo fosse un effetto dovuto alla reazione dello zolfo; perchè il cianogeno e il potassio non adducono cangiamenti; e il secondo, un effetto della soluzione dell'ossido nitroso nell' acido nitrico. Lo sviluppo del gas nitroso è visibilissimo. Io ho ripetuto ancora questo esperimento, prendendo dell' acido nitrico non attinizzato, e immergendovi un bulbo piccolissimo da termometro, che io avea tuffato in un vaso in parte ripieno di idroclorato ferrico. Questo bulbo portava aderente un velo della soluzione del suddetto sale; e siffatto velo bastò a produrre una tinta giallognola pallida. Da cotesti due confronti, parmi poter conchiudere, che nei raggi solari trovasi allo stato raggiante anche la materia ferrosa, che si fissa ove s' abbatte con una sostanza che operi chimicamente. Non devo ancora omettere, che la reazione del solfocianuro potassico coll' acido nitrico titanizzato fu sempre più sensibile e più pronta di quella che accadeva collo stesso acido nitrico non attinizzato.

ESPERIENZA II,

eseguita con luce riflessa, rifratta, in vasi aperti e chiusi.

Per dare una riprova ad un risultamento così luminoso, il quale apre la via all'intelligenza d'importantissimi fenomeni che ci fornisce la vita, mi compiacqui di ripetere le centinaia di volte il medesimo sperimento; e quasi diffidando di me stesso, volli molti testimonii; i quali, ignorando l'oggetto delle mie esperienze, ingenuamente annunziavano tutto ciò che essi vedevano accadere, non prevenuti da alcuna idea, che avesse ad influire sulla qualità delle loro sensazioni. Nessuno io ritrovai discorde fra i molti che interrogai; e tutti uniformemente depositarono, senza che l'uno sapesse ciò che altri avea riferito, in conformità di quanto io stesso aveva veduto. L'importanza dell'argomento richiedeva, che io procedessi con tanta diffidenza, prevedendo quanti avrebbero sparsi dubbi non pochi sugli effetti da me ottenuti, nell'universale dottrina degli *Eteristi*. Le sperienze colla luce riflessa furono istituite adoprando specchi parabolici di ottone, al foco de' quali erano collocati vetri da orologio contenenti acido nitrico purissimo; e quelle colla luce rifratta, adoprando lenti di convergenza, al foco delle quali ponevansi i vetri; ed infine, pei vasi chiusi, impiegando bulbi da termometro, che tosto ripieni, e scacciata l'aria, si suggellarono al dardo della fiamma. Colla luce riflessa e concentrata, ebbi effetti più pronti e più sensibili, e colla rifratta, ma tuttavia concentrata, effetti un po' minori; e più deboli di tutti al paragone, adoperando la luce semplicemente rifratta, come era naturale attendere, prima che si avesse la prova diretta dell'esperienza.

III. Questo farsi della luce sostanza de'corpi, fu quasi per ispirazione e presentimento affermato da Empedocle, da Ateneo, da Sabino, da Euripide e da Dante, che, nel XXV del Purgatorio, scrisse:

E perchè meno ammiri la parola,
Guarda 'l calor del Sol, *che si fa vino*,
Giunto all' umor che dalla vite cola.

Questo stesso concepimento fu ancora della mente sublime di Galileo; e ci dà facile spiegazione dell' universale fenomeno del coloramento dei corpi per l' azione della luce. Noi conosciamo, che l' ossido ferroso tinge in color verde, l' ossido ferrico, in rosso, l' idrato ferrico, in aranciato-chiaro, l' ossido ferroso ferrico, in nero, e l' acido ferrico, in color vinoso più o men carico; con uguale facilità spiegansi del pari i fenomeni dell' accrescere, variare e scemare di tanti colori artificiali. Si tratta di chimiche reazioni, che in sostanza non differiscono da quelle de' nostri laboratorii. Il mio onorevole collega e valente chimico Bizio, aveva scritto che la luce dà la facoltà raggiante alla canfora. Mettendo egli una piccola cosa di canfora tagliata in bricioli in un vaso di cristallo chiuso bene con turacciolo arrotato, e il quale sia con assai diligenza pulito e così netto di puliche, che non venissero impedite le esatte osservazioni che voleva fare, lasciò questo vaso alla luce diffusa mettendovi un segno con una listarella di carta incollata ad un capo al labbro del vaso, e in quella banda, che era contraria alla derivazione della luce, onde avesse a restar sempre nella positura, che fu messo da prima. Dopo quattro giorni, che il vaso fu tenuto in quella posizione, essendo la temperatura a sei o sette gradi sovra lo zero di Reaumur, vide ad occhio nudo dall' interna parete, e precisamente da quella banda onde usciva la luce, che passavano, attraverso al vaso, molti piccolissimi cristalli di canfora, tenacemente attaccati, i quali crescevano a mano a mano coll' andare dei giorni, e si mostravano assai bene per quello splendore, che ne veniva dalla luce rifratta per essi. Questa esperienza venne dal Bizio ripetuta un grande numero di volte, ed i resultati che ne ritrasse furono sempre gli stessi. Ora questo effetto, in sentenza del Bizio, « viene da ciò, che penetrando la luce nel vaso, e trovandovi la canfora in istato di vapore, per la forza ripulsiva che le comunica la reca alla condizione di materia raggiante: sicchè la canfora muovendosi in allora velocemente nella direzione della luce, percuote in sul vetro, dove abbandonata dal fluido luminoso che passa attraverso al mezzo trasparente, ritorna allo stato di aggregazione, e

perciò quivi cominciano ad attaccarsi le molecole della canfora; le quali ingrossando pel successivo aggregamento di nuovi atomi, arrivano in pochi giorni a comporre de' cristalli visibili ad occhio nudo. » Altri esperimenti sono riferiti dal Bizio, i quali gli dimostrarono, che la luce che attraversa liquidi diversamente colorati, non possiede l' uguale virtù di dare alla canfora la facoltà raggiante. Trovò egli che il raggio verde recava la materia più facilmente di tutti gli altri alla condizione raggiante, e il giallo meno di tutti. Le cinque tinture diverse, delle quali fece uso, erano desse preparate nel modo seguente. Il rosso colla cocciniglia ravvivata col saprasolfato di allumina e di potassa; il giallo collo zafferano; il verde coll' indaco sciolto nell' acido solforico e nel giallo summenzionato; l' azzurro colla soluzione d' indaco diluita con l'acqua; ed in fine, il violetto colla stessa soluzione d' indaco, ma molto più allungata. Non devo neppur tacere essersi il Bizio assicurato con molte osservazioni, che se la luce che penetrava un vaso era assorbita dalla banda dove usciva da un corpo nero, là pur eravi aggregamento di canfora; e ch' essa incontrandosi in uno specchio si rifletteva nè più nè meno di quello che faceva la luce od il calorico: dà suggello ai suoi importanti esperimenti con una nuova e peregrina osservazione del valente sig. professor Matteini, il quale avvertì che sopra i vetri che da sessanta e più anni coprivano quattro pitture del rinomato Zuccarelli, erano per materia irraggiata i dipinti simmetricamente rappresentati colla medesima gastigatezza di disegno ed armonica disposizione di colori, quali uscirono dalle mani del celebre professore (1).

Nè meno importanti sono i risultamenti ottenuti dal Leplay, Laurent, Fournet ed altri, che non diedero loro tutto quell' intiero valore, ora che da miei esperimenti si conosce l'esistenza della materia ad uno stato irradiante, anche a distanze molto sensibili ed enormi dal centro di projezione.

I signori Leplay e Laurent nei loro lavori sulla *Cementazione* e

(1) Bizio, *Opuscoli chimico-fisici*; T. I, Articolo IX, pag. 430. Venezia, 1827.

Carburazione, narrano il seguente esperimento. Posero essi un cristallo di ossido ferrico in un recipiente di platino, e l' introdussero in un tubo di porcellana, e a canto, senza che l' uno toccasse l' altro, collocarono altro ugual recipiente con dentrovi un pezzo di carbone. Fattovi un fuoco ben forte, ritrovarono l' ossido ridotto a metallo. Rifatta questa esperienza col solo divario di porre in luogo dell' ossido ferrico, il ferro dolce, n' ebbero il metallo tramutato in acciajo. Appresso, il Laurent prese un pezzettino di piombaggine, e chiusolo ermeticamente in un tubo di porcellana, serrò esso tubo in una cassa adattata e riempita di carbone, esponendolo quindi ad un fuoco il più intenso; dopo di che cavato il tubo dal fuoco e spezzatolo, trovò non solo averne la piombaggine annerita la superficie interna vetriata d' attorno molto al di là del contatto sino ad una certa profondità, ma ancora la superficie vetriata esteriore, mentre che nel nero la spezzatura si manifestava perfettamente bianca. L' annerimento adunque risultava crescente dallo interno all' esterno. La vetriatura e la pasta pertanto furon trapassate dal carbone, e da che tra la silice, l' allumina e il carbone non corre affinità veruna, non si può ammettere che il carbone si trasfondesse in profondità, passando di molecola in molecola, stante una combinazione e scomposizione successiva, siccome avrebbesi potuto immaginare nel ferro. Lo stesso autore prese tre piastre di porcellana, e sopra una di esse fecevi un velamento coll' ossido cobaltico, nell' altra coll' ossido nichelico, e la terza coprì leggermente coll' ossido ferrico. Ciò fatto, assoggettolle al fuoco possente di una fornace; sicchè quegli ossidi si fondessero e tornassero in ismalto, o vetriatura delle piastre stesse. Ridotti così gli ossidi, ognuna delle piastre appajò ad altra netta, nella quale cioè non avea fatto apparecchiamento di sorta, e in guisa che la piastra vetriata stesse di rincontro alla netta, serbandovisi distante per lo spazio di due altre linee. Disposte così, le rimise in forno, e fecevi un fuoco sommamente gagliardo. Ritratte poscia, trovò la piastra bianca, ch' era stata a rincontro di quella apparecchiata coll' ossido cobaltico, colorita in azzurro intenso; quella, che ci tenne accanto

all' altra dell' ossido nichelico, vennegli di una tinta assai bruna, tornando, finalmente, rossiccia quella che fu dirimpetto all' ossido ferrico (1). E il sig. Tournet racconta, che avendo esposto al fuoco in un crogiuolo, formato di una terra alquanto ferruginosa, il carbonato magnesico, trovò macchiato il naturale candore della magnesia sino nella parte più interna del crogiuolo, e ciò a cagione dell' ossido ferrico che vi si era irradiato.

IV. Tutti questi fatti chiaramente dimostrano, che il carbone e i metalli possono passare ad uno stato raggiante, dal quale vengono arrestati per chimica affinità, riedendo allo stato di aggregazione. Ma i citati autori limitaronsi ad attribuire tali effetti alla volatilizzazione, a vaporizzazioni; il medesimo stesso Bizio, nel 1827, siccome abbiamo riferito, parlava di materia allo stato raggiante; nel 1842 non parlò più di irradiazioni, ed ei si ristrinse a dire, che da ogni corpo in date condizioni, si spiccano molecole in istato ripulsivo; ma bisogna notare che la sua Memoria intorno alle molecole de' corpi ed alle loro affinità dipendenti dalla forza ripulsiva insita alle medesime, venne pubblicata sotto l' influenza di matematici eteristi, i quali furono gelosi di ogni espressione che avesse ad offendere il sistema delle vibrazioni; però non poterono distruggere i fatti, che decapitano la loro ipotesi, e che dimostrano in quella vece una vera e reale projezione, da metter in perfetta armonia i risultamenti del calcolo con quelli dell' esperienza. A tutti codesti fatti posso io aggiugnerne un altro non men luminoso, che ebbi dalla cortesia dei signori fratelli Mazza, appassionati, come dicemmo, per l' arte loro, e che non risparmiano patrimonio, ingegno, fatica per rendere fiorente questa manifattura tra noi. Io ho osservato in una pila di forme ripiena di piatti di terraglia, uno dei quali portava un dipinto formato con ossido di rame, che il dipinto appariva ancora

(1) *Théorie de la cémentation*, par MM. F. Leplay et R. Laurent, ingénieurs des Mines. *Annales de Chimie et de Physique;* T. LXV, pag. 303, 414, 424 ec., an. 1837.

al rovescio con simmetria e regolarità di parti; e che era ancora riportato nei piatti superiori ed inferiori, sebbene con intensità minore di colori, a mano che si allontanava dal centro emanante e un po' più dilatato. Spezzati i piatti, non ho veduto traccia di colori all' interno; esso era limitato alla vetriatura. Questi sperimenti furono ripetuti più volte col cobalto e con pari felice successo. Io porrò fine a queste mie Ricerche osservando, che l' irraggiamento della materia ponderabile, e il suo ritorno allo stato di aggregazione pella chimica affinità, formano il fondamento di tutti i fenomeni chimici che presentano le irradiazioni calorifiche e luminose; e degli stessi fenomeni fisici che variano secondo la diversa natura dei mezzi, che furono attraversati dagli irradiamenti, come discopersero Melloni e Malaguti; e che anzi le stesse imagini di Moser non sono che l' effetto di projezioni materiali. Io confido che ne potrò ritrarre utili applicazioni pelle arti vetrarie e ceramiche sulle quali sto sperimentando. Il più caro e confortante compenso che io mi ebbi ne' miei studii, si fu sempre quello che io provai nel poter dire a me stesso: Essi non furono inutili pell' industria e pell' umanità sofferente.

INDICE DELLE MATERIE

Edizione di 100 Esemplari

Fig. 1.



Fig. 2



Fig. 3

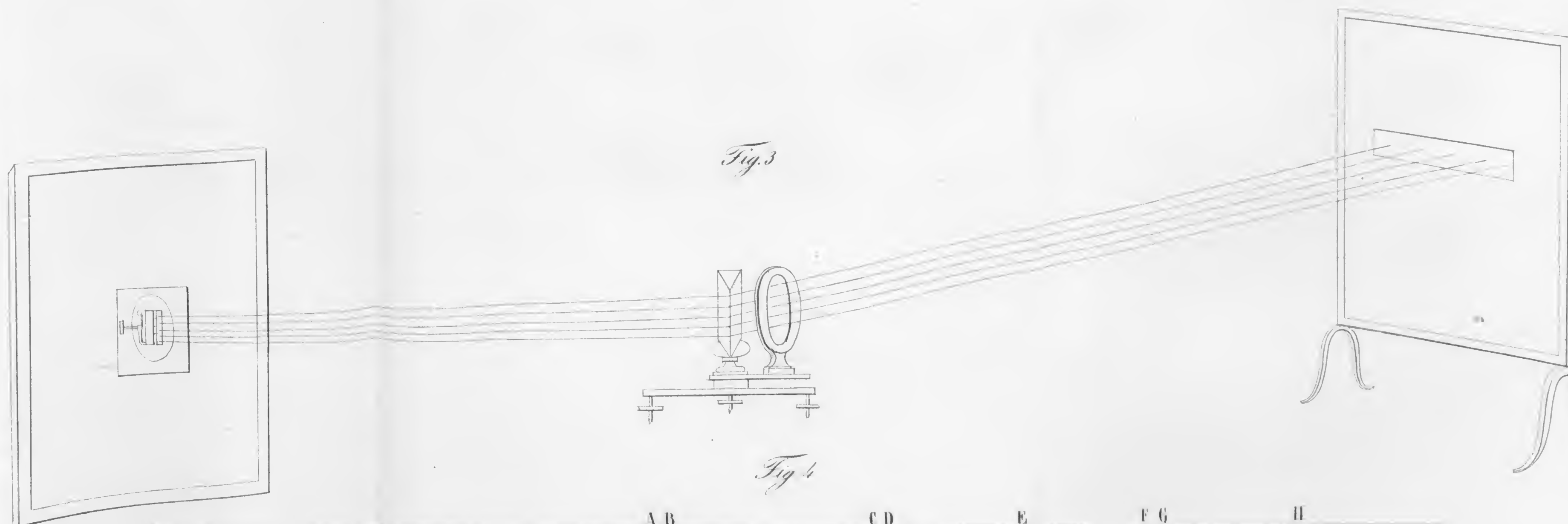


Fig. 4

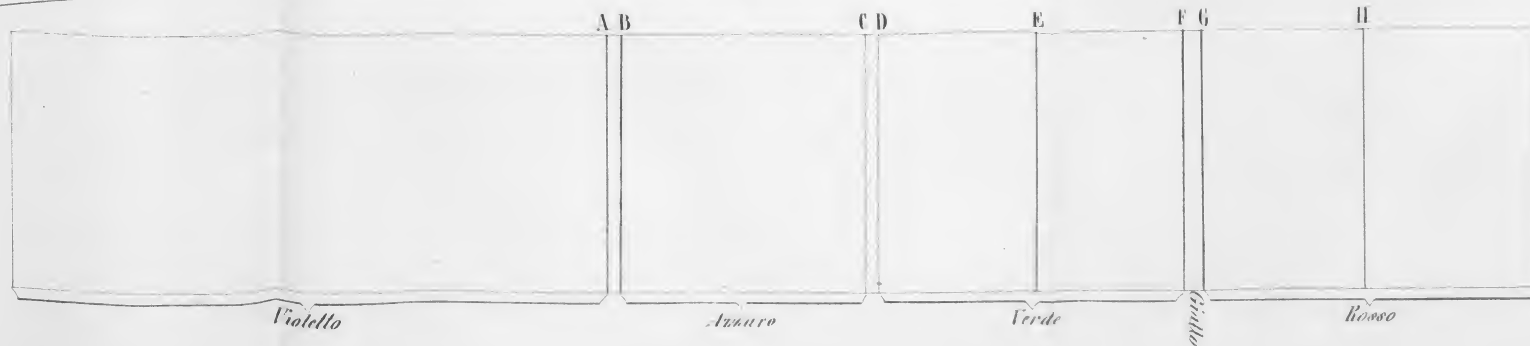


Fig. 1a

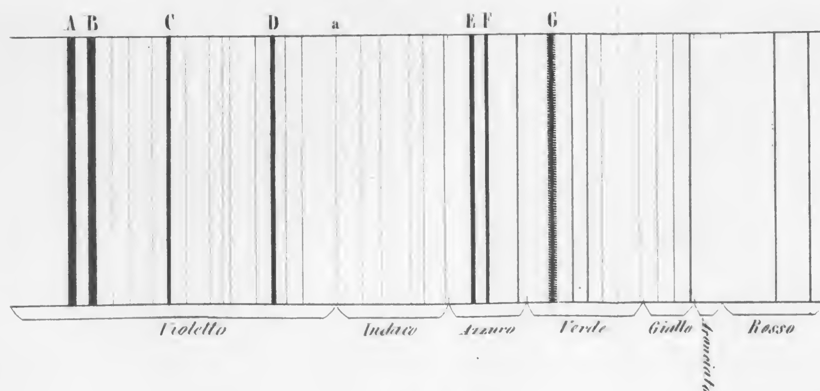


Fig. 2a

Violetto
Indaco
Azzuro
Verde
Giallo
Aranciato
Rosso

Fig. 3a

A B
C
D E
F G
Violetto
Indaco
Azzuro
Verde
Giallo
Aranciato
Rosso

I.R.Pr.Lit.Barozzi